Memoirs
LIBRARY
JUN 9 1960
FISH & WILDLIFE SERVICE
HD
C2
B
P.61
70
121

鹿児島大学

水産学部紀要

第 8 巻

MEMOIRS OF THE FACULTY OF FISHERIES KAGOSHIMA UNIVERSITY

Vol. 8

Published by
The Faculty of Fisheries, Kagoshima University
Kagoshima, Japan
February, 1960

鹿児島大学水産学部紀要　第8巻

目　　次

1. 社会的，経済的又は技術的理由に起因する公海漁業の国際紛争を防止し又は解決するための示唆（英文）……今田清二… 1
2. 日本近海産トビウオ類生活史の研究—II……今井貞彦… 8
3. 魚類の変質とカルボニル体—III
   魚肉中の揮発性カルボニル体の生成に影響する因子……太田冬雄… 47
4. リノール酸の酵素的酸化における低級カルボニル体の生成過程（英文）……太田冬雄… 52
5. カツオ塩辛に関する研究—II
   熟成中における化学的変化について……大城善太郎・是枝　登… 56
6. 鰹肉の冷蔵保管中の変化—I
   凍結冷蔵による蛋白変性について……西元諄一・田中和夫… 61
7. 鰹肉の冷蔵保管中の変化—II
   組織切片の観察について……西元諄一・田中和夫… 70
8. 魚類の肉質変化に関する生化学的研究—XI
   魚肉 Actomyosin 区による ATP の分解……日高富男・斎藤　要… 75
9. 1958年かごしま丸国際地球観測年航海報告（英文）…高橋淳雄・茶円正明・植田総一… 82
10. 1958年敬天丸国際地球観測年航海報告（英文）……茶円正明・辺見富雄・高橋淳雄… 87
11. 魚類の聴覚特性に関する研究—II
    側線の線型による方向知覚差について……黒木敏郎… 89
12. 長時間探水器とその活用に関する研究（第I報）
    採水の方法とその要点……黒木敏郎・野沢治治… 101
13. 漁船用簡易外板腐蝕検定器に就て
    共振法による超音波厚み測定……奈良迫嘉一・大屋典弘・山辺　亮… 111
14. トカラ列島近海におけるカツオの漁場構成に関する研究（第1報）
    漁場水温と漁況について……盛田友弐… 121
15. 南西諸島の小サバについて……田ノ上豊隆… 130
16. 東支那海区のサバ漁業についての一考察……江波澄雄… 135
17. 気泡網に関する研究—I
    二・三の淡水魚についての駆集及び遮断効果……江波澄雄… 140
18. 定置網に働く流水抵抗に関する研究（英文）……金森政治… 145

鹿児島大学水産学部放射能研究委員会報告

第XI報　1958年より1959年における西部北赤道海流域の海水，プランクトン及び魚類の放射能汚染に関する研究……斎藤　要・鮫島宗雄・辺見富雄… 181

Suggestons for Avoiding or Settling Conflicts Among States Caused by Social, Economic and/or Technical Reasons with Respect to High Seas Fisheries

Seiji KONDA

社会的，経済的又は技術的理由に起因する公海漁業の国際紛争を防止し又は解決するための示唆.

今　田　清　二

Introduction: Separateness and Relationship between the Rules for Fisheries Regulation based on Biological Needs and Those based on Social, Economic and/or Technical Needs.

All conflicts among states with respect to high seas fisheries arise, fundamentally, from the reason that the living resources of the sea do not exist inexhaustibly. The conservation of living resources of the sea is, therefore, essential for avoiding and settling all conflicts regarding fisheries. After World War II, the principle of maximum sustained catch has been established as the basic rule of a number of agreements among states for the conservation of meny kinds of living resources all over the seas.

But not all conflicts regarding fisheries can be avoided or settled by the rules based only on biological reasons. Some conflicts arise, because of their immediate relations, not with the biological, but with the social, ecomocic and/or technical causes. For example, a conflict regarding who utilizes the specific living resources of an area of the high seas. In order to avoid or settle such a conflict, some rules of social, economic and/or technical nature should be applied besides those of biological nature.

The rules for fishery regulation based on social, economic and/or technical needs involve the allocation to states of specific catch quotas, specific fishing grounds, specific number of fishing boats, as well as the restriction of the fisherman's nationality, etc. The rules based on biological needs, on the other hand, involve the limitation of total catch during a season, the size limits for each species, the limitation for fishing season, for fishing area, for fishing gear and fishing method, etc.

The essential difference or separateness between the rules based on social, economic and/or technical needs and those based on biological needs is evident. No matter how the allocation to states of the catch quotas, the quotas for fishing ground, etc., may be, or what the nationality of the fishermen is, the living resources of the sea can be conserved so far as the limitation of total catch, size limit, etc., are reasonablly observed.

It is also evident that the rules based on social, economic and/or technical needs premises the observation of the rules based on biological needs. Without the observation of the rules for the conservation of resources of the sea, it is meaningless to allocate to states any catch quotas or any quotas of fishing boats, etc.

It is the present need of the international community to establish rules for fisheries regulation based on social, economic and/or technical needs. More and more conflicts are arising caused by the immediate reasons of severe competition among states so that the maintaining of rules for conservation of resources of the sea is threattened.

The separateness and relationship between the rules for fishery regulations, as mentioned above, must be clearly recognized to meet the present need for establishing rules based on social, economic and/or technical needs.

Premises: Equal Footing of all States with respect to Conservation of Living Resources of the High Seas.

It is the premise of what I point out for avoiding or settling conflicts regarding fisheries that all states should take part on an equal footing in any system of conservation of living resources in the high seas. Conflicts among states regarding fisheries can be avoided or settled, not by extending the limits of territorial seas or affording special rights to coastal states in the adjacent areas outside their territorial seas, but by agreement among states on equal footing for the conservation of living resources in the high seas. The evidences are shown in the development of such agreement since the Fur Seal Arbitration, 1893, and the Halibut Fishery Convention, 1923.

The Convention of Fishing and Conservation of the Living Resources of the High Seas, adopted by the U. N. Conference on the law of the sea, 1958, provides special rights for a coastal state with respect to high seas fisheries.

According to the Convention, a coastal state is entitled to take part on an equal footing in any system of research and regulation for purposes of conservation of the living resources of the high seas adjacent to its territorial sea, even though its nationals do not carry on fishing there (Art. 6, 2).

On the other hand, a state which has a special interest in the conservation of the living resources of the high seas not adjacent to its coast, even if its nationals are not engaged in fishing in that area, may request the state whose nationals are engaged in fishing there to take the necessary measures of conservation (Art. 8).

Thus, a non-coastal state or state which has a special interest in the conservation of the resources in the high seas not adjacent to its coast is not entitled to the same right as that of a coastal state. This seems to be an unreasonable discrimination between coastal and noncoastal states because of the reasons below.

It is provided in the Convention that if, subsequent to the adoption by a state or states of necessary measures for the conservation of living resources in the high seas, nationals of other states engage in fishing the same living resources, the other states shall apply the measures to their own nationals (Art. 5).

A coastal state, however, being entitled to take part on an equal footing in any measures for conservation of resources in the high seas even though its nationals do not carry on fishing there, may not apply to their own nationals the conservation measures which had been adopted by the non-coastal states. There seems to be no reason for justifying such discrimination.

Conservation of living resources of the sea benefits all. In adopting and applying the conservation measures benefiting all, there is no reason to discriminate coastal and non-coastal states. Even a state which has an interest in fishing in an area of the high seas not adjacent to its coast should be permitted to take part on an equal footing with the coastal state in any system for conservation of living resources of the sea. Such an argument seems to be consistent with the reason which can not be denied by any majority of international conference.

Basing on the premises above mentioned, I would point out some principles for avoiding or settling fishery conflicts among states caused by the immediate relations with social, economic and/or technical reasons.

FIRST SUGGESTION: A Principle regarding Internationally Closed Areas in the High Seas for Specific Fisheries.

The first to be pointed out is the principle that the regulation of fisheries in the high seas should be limited to what is necessary but minimum. The necessary but, at the same time, the minimum regulation shall not be construed to be a restriction or partial denial of the freedom of fishing in the high seas. Instead, ensuring freedom for all, such regulations of minimum scope help evolve the freedom of the sea.

Conflicts among states regarding fisheries arising from social, ecomomic and/or technical reasons can be avoided or settled by setting up internationally closed areas for specific fisheries under agreement among the states. In order to limit the fisheries regulation to their minimum extent, and to safeguard the freedom of the sea, territorial seas should not be extended for the purposes which can be acheived by such agreement for setting up closed areas in the high seas.

An example of a closed area for avoiding conflicts which may arise from technical reasons is provided in the Russo-Japanese Fisheries Convention, 1956. In the high seas within the provisional line of 40 miles from the coast, the operation of drift net fishery for salmon is prohibited by the Convention. This closed area is not only for the protection of the salmon proceeding to the mouth of rivers for going upstream and spawning, but also to remove the technical cause of conflicts. If salmon drifters operate too near the coast, a lot of fish inadequate for packing that had once been caught in and escaped from the Japanese drift nets in the high seas may be re-taken mixed in the catches of Russian trap nets along the coast, thus stiring conflicts between the states.

Korea, drawing the so called "peace line" far around the Korean Peninsula, seizes every Japanese fishing boat which crosses over the line. The area of the high seas limited by the "peace line" is obviously and essentially different from the internationally closed area of fisheries.

On the other hand, it seems necessary to set up a closed area for trawl fisheries in the high seas around Korea. Before Korea's independence, such a closed area was maintained under Japanese law to conserve the living resources of the sea as well as to avoid conflicts caused by social, economic and/or technical reasons. If trawlers operated too near the coast, the small scale fisheries carried on by the residents of the coast were cirtainly obstructed. Even Korea's independence, can not have changed this conditions.

It is desirable, therefore, that a closed area for trawl fisheries be established in the high seas around Korea under an agreement between Japan and Korea on an equal footing, so that the nationals of both states will be prohibited from operating trawl fisheries there, but be allowed to operate other kinds of fisheries in that area.

As a corollary to the above principle of internationally closed areas, it may be suggested to set up by an international agreement an area in the high seas where certain technical restrictions are applied to certain fishing. For instance, the Japanese government once proposed to the Korean government in order to settle the problem of the "peace line" to set up a technically restricted area for purse seine fishery in the high seas adjacent to the Korean coast, together with above clased area for trawl fishery. The operation of Japanese purse seiners using a strong powered electric light for attracting mackerels, sardines, etc., may obstruct the small scale fisheries operated by the residents of Korean coast.

The purpese of the above mentioned proposal of the Japanese government was construed to remove the technical cause of probable conflicts between the states.

SECOND SUGGESTION: A Principle regarding Allocation of Quotas to States

Among the measures for avoiding or settling conflicts arising from competition, that is, from the reasons of social, economic and/or technical nature, is the allocation of quotas to states for catch limits, for the limits of fishing area in the high seas, and for the muximum number of fishing boat, etc.

There is no need for such allocation of quotas if there is surplus of stock of fish. The fundamental reason for allocation of quotas to states is such condition of stock of fish that more intensive exploitation of which will not provide a substantial increase in yield which can be sustained year after year. However, the immediate reason necessitaiting the allocation of quotas is not the condition of stock of fish, but the severe competition among states. If the competition is not severe, no conflict will occur, even though the condition of stock of fish is such as above mentioned. But if the competition which is social, economic and/or technical in its nature becomes severe, conflicts occur accordingly.

Quotas for catch limits, etc., shall be allocated to states in accordance with each state's activity regarding specific fisheries in specific areas in the high seas. It is a rule of the economic system of free competition to allocate quotas in accordance with activities achieved in the past so far as no extreme evils attend.

In 1955 when the non-governmental fisheries agreement was under negotiation, the leader of the Communist China's group proposed a plan for abolishing competition of fishing by means of deviding the entire areas of the high seas of the East China Sea and the Yellow sea into the Chinese area, the Japanese area and the common area which lies between above two areas. According to the proposal, number and tonnage of fishing vessels of respective states are to be allocated to the above respective areas so that the areas shall not be monopolized by a state posessing superior fishing fleet. However, the proposed abolition of competition was limited by the agreement to the minimum extent, that is, the allocation of quotas for the number of fishing vessel was confineded only within the six fishing areas established in the high seas along the continental coast during certain periods of the season.

The Convention between Canada and the U. S. regarding salmon fisheries of the Fsaser River system provides to allow each party an equal portion of fish (Art. 7). This does not mean, of cause, that the amounts of catch limits, etc., allocated to respective states should be always equal, though any special right be permited to any state.

In 1959, the Russo-Japanese Fiheries Commission decided, in accordance with its authority unber the Fisheries Convention, to allocate fishing area for crab in the high seas off Kamchatka for a specific term of the season. Until 1958, Japanese and Russian fishing boats operated intermingled in the whole fishing area. But the fishing areas having been newly allocated, it is expected that conflicts between the two states arising from the technical reasons of crab fishery can be avoided.

Recently, some states are reported to have withdrawn from the Whaling Convention on account of the failure of the attempt for allocation quotas of the Antarctic catches among the states. From the biological view point, there is no reason for such

withdrawl from the Convention, because, as provided in the Convention itself, the measures for the conservation of whales do not involve restrictions on the number or nationality of factory ship, nor the allocation of quotas to any factory ship or any groups of factory ships (Art 5–2). Under the Convention, the conservation of whales can be undertaken most reasonably. What has driven the states to the withdrawal from he Convention seems to be nothing but the severe competition for catching or for the profit. The current problem of Antarctic whaling, having arisen from such an economic reason, may be settled only when the states concerned agree to the allocation of quotas of some kinds. As already explained, allocation of quotas does not contradict the freedom of the sea.

THIRD SUGGESTION: The Principle of Abstention of Fishing Activities

As a corollary of the principle of allocation quotas to states, no quota for catch limits shall be allocated to a state whose nationals have never engaged in fishing for a stock of fish in an area of the high seas. Such a state shall have to abstain its fishing activity. It is matter of cause that the abstention of fishing activity shall be recommended only with regard to a stock of fish which has been exploited to the limit of its maximum sustained catch. There is no need for abstention if there remains surplus of the stock.

The Tripartite Fisheries Convention, 1952, adopted this principle of abstention. According to the Convention: (1) a state whose nationals have never engaged in certain fishing in an area of the high seas have to abstain from fishing in the area for a kind of fish the more intensive exploitation of which will not provide a substantial increase in yield sustainable year after year, and (2) a state whose nationals have enged in fishing of that kind of fish in that area of the high seas continues activities for fishing and conservation of such kind of fish.

Japan agreed to abstain from halibut fishing, for instance, in the high seas off the North West coast of America. Canada and the U. S. agreed to continue to carry on the fishery and necessary conservation measures. This is not for the reason that the area of north west coast of America is adjacent to Canada and the U. S., but the nationals of Japan have never engaged in substantial fishing of halibut there. Under the provisions of the Convention, even a coastal state may be recommended to abstain carring on a fishery in the high seas adjacent to its coast if its nationals have never engaged in the fishery there, and even a noncoastal state may not be recommended abstention with regard to a fishery in which its nationals have once engaged. So far as the principle is concerned, all contracting parties are taking part on an equal footing in the system of fishing and conservation of halibut resources in the high seas.

The principle of abstention of fishing activity in the high seas does not necessarily contradict the freedom of the sea, because a state is discriminated against only under the condition that the nationals of the state have not excercised the freedom of carying on fisheries which they could have exercised, and never discriminated against so far as the nationals of the state have exercised their own freedom. Whether a state comes under such condition or not depends on the opportunity of the state. The discrimination is made on a basis of opportunity which a state may or may not have, and not on a basis of destiny such as whether a state is coastal or non-coastal. As a

matter of principle, no specific state is deprived of its right to take part on an equal footing in the fishing and conservation of resources in the high seas by adopting the principle of abstention.

Some problems are involved in the Tripartite Fisheries Convention with regard to salmon fishery. Nationals of any contracting parties have never engaged in substantial fishing of salmon in any area of the high seas off the north west caost of America. Strictly speaking, the reason why Canada and Japan abstained salmon fishery in the high seas off Bristol Bay, for instance, is not based on the principle of abstention as above mentioned. It is based on another principle that a coastal state is entitled to take part on an equal footing in any system of regulation for purpose of conservation of the living resources of the high seas adjacent to its territorial sea, even though its nationals do not carry on fishing there. But here such principle other than abstention is out of question. The point to be mentioned here is that the principle of abstention of fishing activities is reasonable so far as it is limited to the minimum needed for securing freedom of fishing in the high seas. But if the abstention of fishing activities in the high seas is recommended exceeding the minimum which is needed, it is to restrict the freedom of fishing in the sea, and it should be unreasonable.

FOURTH SUGGESTION: On the Breadth of the Territorial Seas and Adjacent Seas.

The regime of the territorial seas and adjacent seas may be construed, in its certain aspect, to be a system of regulation applied to the freedom of fisheries in the sea. Such regulation for the freedom of fisheries is needed in order to prevent or settle conflicts among states with respect to fisheries arising from social, economic and/or technical causes. But it is important, as mentioned at the beginning of the First Suggestion, to limit such regulation for freedom to the minimum extent.

It is so dificult to solve the problem of the breadth of territorial seas that the United Nations Conference on the law of the sea, 1958, faild to fix it. Even the basic and more difficult problem regarding whether the sea is free or not could not be solved by the Conference. However, so far as the opinion of the International Law Commission of the U. N. that "freedom of the sea is of paramount importance to the international community" is correct, then, as the U. S. government commented to the International Law Commission, "the breadth of the territorial sea should remain fixed at three miles."

If the 3-mile limit is not to be agreed on at any rate, a 6-mile limit may be unavoidable. The common proposal of Canada and the U. S. at the 1958 Conference of the law of the sea might be the most provable in the future. It is to admit an adjacent sea of six miles beyond the 6-mile limit of the territorial sea, or 12 miles from the base line, for the purpose of fisheries regulation (which has never been the practice of states).

It seems practical and desirable not to concede that any special right for fisheries be granted to a coastal state in an area of the high seas beyond 12 miles from its coast. It seems most reasonable that beyond three miles from the coasts, states shall take part on an equal footing in every system for conservation of living resources as well as in every effort for avoiding and settling conflicts regarding fisheries arising from social, economic and/or technical causes.

概　　要

国際社会には，公海において漁業資源を保護するために行う生物学的原則—— 持続的最大漁獲の原則が確立している．諸国はこの原則に基づいて多くの条約を結んでいる．然し生物学的原則が合理的に守られるだけでは，社会的，経済的又は技術的理由に起因する公海漁業の紛争を防止し又は解決することはできない．公海の特定の漁業資源を，何れの国民が漁獲するかの競争に起因する紛争については，生物学的原則の確立と並んで社会的，経済的又は技術的性質の原則が確立されなければならない．

私は社会的，経済的又は技術的理由に基づく公海の漁業紛争の防止又は解決に資するため，いくつかの示唆を試みる．ただし総ての国が平等の立場で資源保護に関する公海の制度に参加することを前提とする．

示唆その１．公海の漁業に関し社会的，経済的又は技術的理由から起る紛争を防止し又は解決するため，国際合意によつて採られる規制の措置は，必要かつ最少限のものでなければならない．必要かつ最少限の規制は，公海における漁業の自由に対する部分的制限ではなく，漁業の自由を総てのものに保障して，その自由を進化させるものである．

その２．社会的，経済的又は技術的理由から起る紛争を防止し又は解決するため，国際合意により，公海漁業について漁獲量，漁場，漁船数などを割当する場合には，そのような割当の基準として，国々が当該漁業について有する過去の実績を尊重しなければならない．曽て日中漁業交渉に際し，中国側は初め全面的に，過去の実績を認めることに反対したが，その不合理なことが判明した．

その３．実績を基準として公海における漁獲量の割当を行えば，実績を有しない国は，その割当を受けることができない．日本が日米加漁業条約によりアメリカ系の特定魚種を漁獲することができないのは，そのような漁獲抑止の原則によつている．漁獲抑止の原則は，公海における漁業の自由に対する必要かつ最少限の規制である限り合理的である．然し必要かつ最少限の範囲をこえるときは，漁業の自由を過度に制限するもので，不合理だといわなければならない．

その４．領海の巾に関する制度は，一面において海洋における漁業の自由に対する規制であり，漁業に関する紛争を防止し又は解決するため必要である．そのような規制が最少限の範囲内で定められなければならないことは，示唆その１で述べたところである．

国際社会の現状においては，領海の基線から 12 浬 まで，種々の権利を沿岸国に認めなければならないかも知れない．然し３浬外の海域には，沿岸国に何の権利も認めず，総ての国が平等の立場で協力することにより，社会的，経済的又は技術的理由に起因する公海漁業の紛争を防止し又は解決することは合理的であり，また可能であると考える．

(34. 11. 10)

日本近海産トビウオ類生活史の研究-II

今　井　貞　彦

Studies on the Life Histories of the Flying-Fishes found in the Adjacent Waters of Japan-II

Sadahiko Imai

目　　次

II. 日本近海産トビウオ類の生活史（承前）
トビウオ属
オキトビ属
ニノジトビウオ属
文　献

PART II
CONTENTS

II. LIFE HISTORIES OF THE JAPANESE FLYING-FISHES (Continued).
16. *Prognichthys agoo* (Temminck et Schlegel)
17. *Prognichthys zaca* (Seale)
18. *Prognichthys sealei* Abe
19. *Danichthys rondeleti* (Valenciennes)
20. *Hirundichthys speculiger* (Valenciennes)
21. *Hirundichthys oxycephalus* (Bleeker)
LITERATURE CITED

II. 日本産トビウオ類の生活史（承前）
LIFE HISTORIES OF THE JAPANESE FLYING-FISHES (Continued)

16. *Prognichthys agoo* (Temminck et Schlegel)
トビウオ

Plates 1, 42–45; Textfig. 4; Tables 35, 36

体長 245～270 mm, 全長 320～345 mm に達する中型のトビウオで，鹿児島県，宮崎県及び東京市場で採集された標本のうち 5 個体における脊椎骨数 47, 48 (32+16, 31+16, 31+17).

成魚の形態 (Pl. 42, fig. A)：上記の各地で採集した成魚 12 個体の鰭条などの数及び各部分の測定値は次に示すようである.

背鰭条数 10～12, 臀鰭条数 9～11, 胸鰭条数 17, 18 (i+ii+13～14+i, 前端の 1 個は萎縮鰭条), 背鰭前方の正中線上の鱗数 33～37, 背鰭起点と側線との間の鱗列数 7, 側線と臀鰭起点との間の鱗列数 3, 鰓耙数 4～6+13～16.

体長に対する百分比：頭長 22～24，体高 16～18，体幅 14～15，吻長 6.3～7.3，眼径 6.7～7.4，眼間径 6.7～7.4，最長背鰭条 8.5～10.0，最長臀鰭条 6.7～8.5，背鰭基底長 14.2～15.0，臀鰭基底長 10.3～12.3，胸鰭長 66～70，腹鰭長 28～31，吻端より腹鰭基底に至る距離 59～61，背鰭起点に至る距離 74～76，臀鰭起点に至る距離 77～79，尾柄高 6.5～7.0，尾鰭上葉長 20～22，下葉長 27～30.

これらのうち 5 個体の測定値を Table 35 にかかげる.

Table 35. *Prognichthys agoo* (TEMMINCK et SCHLEGEL)
Measurements and Counts

Serial number	KCF 1664	KCF 1665	KCF 1667	KCF 1980	KCF 1981
Locality &	Makurazaki	〃	〃	Tokyo	〃
Date collected	49-10-8	〃	〃	50-7-15	〃
Sex	♂	♂	♂	♂	♀
Body length in mm.	256	256	260	257	274
Total length in mm.	330	327	327	320	330+
in per cent of body length:					
Depth of body	18.4	17.2	16.9	18.9	18.1
Breadth of body	15.3	14.9	13.9	14.8	13.3
Head length	23.0	23.4	22.7	22.6	21.9
Snout length	7.0	7.0	6.3	7.0	6.7
Diameter of eye	7.0	7.4	7.3	7.0	6.5
Interorbital width	8.6	9.2	8.9	8.6	8.0
Postorbital length	10.2	10.1	10.0	10.6	10.0
Distance from snout to:					
Ventral	59.8	61.4	60.8	60.0	58.8
Dorsal	74.6	75.7	74.0	75.0	74.8
Anal	77.7	78.8	78.0	78.0	77.4
Pectoral length	70.4	68.8	65.8	67.0	69.7
Ventral length	30.5	28.2	27.7	29.2	28.8
Length of the longest dorsal ray	9.4	9.4	10.0	9.6	10.2
Length of the longest anal ray	7.4	7.8	7.3	7.8	7.0
Length of dorsal base	14.5	14.9	15.0	14.8	14.4
Length of anal base	11.6	11.3	12.3	10.5	10.9
Depth of caudal peduncle	7.0	6.5	6.9	6.6	6.7
Length of caudal:					
Upper lobe	21.7	21.8	21.8	20.2	—
Lower lobe	29.2	—	29.2	27.3	—
Number of:					
Dorsal rays	i,10	i,11	i,10	i,10	i, 9
Anal rays	i, 9	i, 9	i,10	i, 9	i, 9
Pectoral rays (i+n)	ii,15	ii,15	ii,15	ii,15	ii,15
Predorsal scales	34	36	35	37	33
Scale rows above lateral line	7	7	7	7	7
Gill rakers	5+14	4+13	4+16		
Vertebrae	31+16	31+17	30+17	—	—

トビウオ類として標準的な形態で，腹鰭の基底と尾鰭中央鰭条の先端との距離は前者と眼の後部，もしくはそのやや後方との距離にひとしい．胸鰭の先端は背鰭基底の後端又はそのやや後方に，腹鰭の先端は臀鰭のほぼ中央に達する．胸鰭は（前端の萎縮鰭条を除き，以下同様）第 4 鰭条が最長，第 1，2 鰭条は共に分岐せず比較的短くて互に密接し，最長鰭条のそれぞれ 45～47，59～67 per cent にあたる．第 3 鰭条以下は最後の 1～2 個を除きすべて分岐する．臀鰭はその鰭条数が背鰭にひとしい場合もあるが，起点は背鰭の第 2～4 鰭条の基底下方にあたる．両顎には円錐歯が発達しているが口蓋骨には歯がない．

色相：体色には著しい特色はない．胸鰭は先端と下部の 5～6 鰭条を除いては鰭条，鰭膜ともに暗色をおび，個体によつては下部の淡色の部分が鰭の前部においてかなり上方ま

でひろがつているものもある．これらの暗色の部分の輪廓は不明瞭で固定保存した標本ではかなり変化している場合もあり特徴としがたい．腹鰭の中央4鰭条は色胞をおび，その間の鰭膜も基底に近ずくに従い暗色をおびる．背鰭は全体に色胞をおび，外方に至るに従いやや濃色となり，中央より後方では特に著しく鰭の外縁に至るまでひろく黒色を呈する．腹鰭と背鰭の黒色の部分は固定保存した標本でも明かにみとめることができる．臀鰭は無色，尾鰭は一様に黒い．

生活史：1954年10月，鹿児島県薩摩半島の南端，開聞岬に近い川辺郡開聞町川尻地先のトビウオ漁場で本種の人工受精を行い筆者の教室で孵化，その後60日にわたつて飼育をつづけ卵内発生と幼期の発育とを観察した．

又，天然の幼期標本としては甑島，大隅群島，トカラ列島，奄美群島，沖縄諸島，宮古列島などの諸水域及びその西方のシナ海沖合などで体長 9.0～85.0 mm（全長 10.5～106 mm）の 73 個体が採集され，更に台湾東方水域で本種の未成魚と思われる体長 165～179 mm（全長 212～226 mm）の 3 個体が採集されている．

卵（Pl. 1, fig. G）：卵径 1.38～1.60 mm の沈性卵で卵膜上には広く一面に附着糸を生ずる．その数は半球面上に 17～33 個（多くの卵では 20～25 個，卵径，附着糸数はともに 2 尾の♀より得た 10 個 の卵により測定）．

鹿児島県枕崎で採集された体長 26cm の成熟した♀の抱卵数は約 15,000 個である．

卵内発生：人工授精は 1954年 10 月 5 日 22 時，鹿児島県川辺郡開聞町川尻の地先でトビウオ漁船に乗船し，夜間の刺網に罹つた活魚♀1 尾に対し♂2 尾を用いて行つた．このときの表面水温 23.6～24.5°C，受精率はきわめて高かつた．受精卵は翌日午前中に筆者の実験室に持ち帰り，水温 22.5～23.5°C に調節した孵化槽に収容し静かに送気しつつ哺育しその卵内発生を観察した．その経過の概要は次に示す通りである．

受精後 3 時間で 4 細胞期，4 時間で 8 細胞期，64 細胞期以後は胚盤の細胞層は 2 層となり 9 時間後には桑実期に入る．18 時間で嚢胚期に入り胚楯が明かとなり，25 時間後にはその上に原条が現れる．このとき胚盤は卵黄表面の 1/2 をおおう．

30 時間 後には胚体はほぼ明かになり頭部には眼胞の形成が始り，同時に KUPFFER 氏胞を生ずる．33～35 時間で原口が閉じ，胚体軀幹部には 7 ～ 8 個の筋肉節が現れる．40～45 時間後には筋肉節は 13～14 個となり，この部分と眼胞上とに黄色胞をみとめる．KUPFFER 氏胞ははなはだ小さくなり 47～50 時間後 には消失する．

心臓は 45 時間 内外で ほぼ形成を終り 47～50 時間 後には 搏動が みとめられるようになり，60 時間後には尾部及び腹部の大血管も完成し，毎分 80～100 回の搏動が観察されるに至る．

60～70 時間で耳胞も完成し脳の外形も明かとなり，胚体は卵内で活動し始め，70～80 時間後には眼球も完成し，胚体の尾部は卵黄より分離しこれをめぐる膜鰭が発達し始める．時を同じくして胸鰭の原基も明かとなる．消化管の 原基も みとめられるが なお 外通してない．

受精後 8 日目には胚体は卵内を一周し，尾端は頭部をおおい，卵黄は卵径の 1/2 大となる．腹鰭の原基も現れ盛に胸鰭を動かすのがみとめられる．9 日目には黒色胞及び虹胞が

頭部及び体の前部に現れ始める．虹胞は特に眼の虹彩上では著しく密集する．かくして10日目の夕刻（受精後235時間）より孵化し始め13日目まで継続する．

本種の卵内発生の順序は黄色胞が比較的早く出現する点はハマトビウオに似ているが，その他の点ではツクシトビウオ，ホソトビ，アリアケトビウオなどと大差はない．

孵化：孵化の約2時間前より胚体の呼吸運動が盛になるのがみとめられ，その頃から卵膜はやわらかくなり卵形は不整となる．孵化に際しては胚体はくりかえしてはげしく体を動かし遂に一挙に卵から逸出する．孵出孔は不規則な裂孔状，孵出した仔魚はただちに水の表面に游ぎ出る．

孵化はハマトビウオ，ツクシトビウオ，ホソトビなどでもみられたように，夕方15時頃（10月中旬の）より始り薄暮と共に盛になり18～20時頃に到つて絶頂に達するが，その後は俄かに少くなり，0時以後の後半夜にはほとんど休止状態に入る．孵化に至らなかつた卵はそのまま翌日の日中を過し，夕刻を待つて改めて孵化を開始する．このようにして13日目に至るが大部分の卵は10日目及び11日目に孵化し，その後に到つて孵化したものはきわめてわずかであつた．

仔魚期（Pls. 42, 43）：孵化直後の仔魚は全長4.48～5.29 mm（10個体測定，固定直後），多くの個体では4.7～4.8 mm．卵黄が残存しているために胸鰭基底後方における体高は腹鰭基底後方における体高の1.4～1.6倍，頭高の1.2倍．吻端は丸く下顎端は前上方に向う．各鰭は膜鰭状で尾鰭には8～9個の鰭条原基が現れ，背鰭及び臀鰭には定数の鰭条基底がみられる．腹鰭は体の中央よりやや後方に位置を占める．黒色胞は頭頂及び体側（尾柄部を除き）に分布するがその数は少く，腹鰭上方に約4列，後頭部より背鰭前端までの正中線両側に12個内外を数えるのみ．生体は孵化直後には淡黄褐色を呈するが約10時間後には白色，微黄色，淡黒色，黒色などの色調を示し，個体によつては肛門附近より前方と後方とが異る色調を呈する．

孵化後20時間の全長4.82～5.60 mm，多くの個体では5.0～5.3 mm（10個体測定），未だ卵黄は残存しているが体高は頭高にひとしくなる．膜鰭状の胸鰭後端は，その基底と腹鰭基底との中間中央に達する．

孵化後3日，全長5.8～6.3 mm，卵黄の吸収を終り体は細くなり体軸は背方に向つて突出したゆるやかな弧状をなす．吻は長くなり前方に突出し来りこれに伴つて頭長が次第に増大する．胸鰭上には3～4個，腹鰭，背鰭及び臀鰭上には定数の鰭条原基が現れる．

孵化後6日，全長6.0～7.0 mm，頭部は各期を通じて比長最大となり体長はその3.5倍，これに伴つて腹鰭，背鰭及び臀鰭などは後方に移動する．胸鰭条は6～7個が明かになりその後端は腹鰭基底上方に近ずく．腹鰭も発達して臀鰭起点に達する．臀鰭条はかなり長く背鰭の最長鰭条の約2.5倍，各期を通じて最長となる．尾鰭も著しく大きくなるが後端は未だ丸く上下相称，胸鰭及び腹鰭上には少数の色胞が現れる．

孵化後14日，体長8.4～10.2 mm（全長10.1～12.7 mm，5個体測定），体軸はふたたび直線状となり，頭長はやや減じて成魚とほぼひとしくなる．胸鰭には12鰭条がみとめられる．尾鰭は全体としては前期よりかえつて小さくなるが下葉はやや延びて上下不相称となる．

游泳中を背方から観察すると，胸鰭は第8，9鰭条が最長でその前方では鰭の外縁は体軸に平行する一直線をなす．体色は銀白色で背面及び両対鰭は僅かに淡紫色をおびる．

孵化後 21 日，大部分は全長 12～15 mm に達する．形態には大きな変化がみられないが胸鰭と腹鰭とは更に伸長し，体長 12.6 mm（全長 15.3 mm）では胸鰭は腹鰭基底をやや超え，腹鰭は臀鰭の後部に達する．胸鰭には 14～15 鰭条がみとめられる．

この頃より尾鰭の発育不良のものが多くなり，個体によつてはほとんど欠落するものも現れた．以下に述べる飼育稚仔は程度の差はあるがいずれもこのような傾向を持つ．

孵化後 28 日で体長 15.0～15.5 mm，42～45 日で体長 15.0～20.0 mm に達し，下顎先端の両側に始めてひげ状器官の原基が現れる．体側の前部には鱗がみとめられる．体側の黒色胞は後半部のみに集つており，個体によつては腹鰭より後方では体側中央に一縦帯をなす．

天然の標本をもふくめ，背鰭起点より後方の正中線両側にならぶ黒色胞は体長 9～13 mm で 8～11 個，16～19 mm で 9～15 個（多数のものでは 11～13 個）を数える（この大きさにおけるハマトビウオ稚仔との差異）．

これらの稚仔の飼育には直径 30 cm のガラス鉢を用い，始めは水道流水によつて，後には電熱器によつて水温を 20～25°C に保ち，飼料としては市販の brine shrimp 卵より得たその幼生を与えた．

天然産の仔魚も上記の飼育仔魚と特徴においては大差がないが，大きさ（体長）に比して体制が比較的早く発達するのがみとめられる．

すなわち体長 12.0 mm（全長 15.5 mm）で腹鰭の先端は尾柄部に達し，体長 15.0 mm（全長 18.4 mm）ではその第 4，5 鰭条がもつとも長くなつて本種の幼期の一特徴が明かとなり，体長 19.0 mm（全長 23.5 mm）ではすでに胸鰭条数も定数に達して稚魚期に入る．又体長 15.8 mm（全長 19.3 mm）では下顎前端にひげ状器官原基の隆起がみとめられ，体長 19.0 mm ではその先端は両側にわかれ遊離してやや延び一対のひげ状をなすに至る．

固定標本では体はほとんど乳白色で色胞群は後頭部背面，眼後部，主として腹鰭より後方の背面，体側，喉部より肛門までの腹面などに分布しその数は比較的少い．体側後部ではその中央に集つて一縦帯を形成するものが多い．これらの外，体長 12～15 mm の個体では後頭部より背鰭前方にかけて背面にも僅少の色胞が散在するが成長と共に次第に消失する．胸鰭及び腹鰭の色胞群はその外縁に近く鰭を横断する暗色帯をなす．背鰭にはわずかに色胞をおびるが臀鰭は無色，尾鰭には下部の鰭条に沿い色胞が散在する．

稚魚期（Pls. 44, 45）：孵化后 56 日の飼育稚仔は体長 20.8 mm（尾鰭は不完全），胸鰭条数は 18 で定数に達する．背鰭はやや高くなり先端に色胞をおびる．胸鰭，腹鰭とも中央より外縁に近い半ばは暗色，ひげ状器官はなおはなはだ短いが先端には色胞を生ずる．鱗は体の大部分をおおうに至る．

飼育稚仔は孵化后 60 日でことごとく斃死した．体長 17～18 mm 以上に達したものの多くは体の発育が不整になり，ひげ状器官もついに現れなかつたものが多い．

天然の稚魚においては，体長 25.6 mm（全長 32.8 mm）の個体では胸鰭は第 4, 5 鰭条が最も長く先端は背鰭前端に近ずき，第 1～4 鰭条の各々の間では鰭膜がめだつてひろくなり，その外縁は深く凹入する．腹鰭では第 5 鰭条が最も長く第 2 鰭条がこれに次ぎ，その間では鰭の外縁はほとんど一直線をなす．背鰭はかなり高く，その第 5, 6 番目の鰭条が最も長く倒せば先端は尾鰭前部に達する．ひげ状器官もよく発達して左右両片に分れ，後方に圧すれば口裂後端に達する．その縁辺はなめらかでしわや細裂を持たない（同じ大きさのハマトビウオ稚仔との差異）．多くの点で本種の幼期の特徴がやや顕著に現れる．

色胞は比較的少く体側では後部に偏在するが，胸鰭及び腹鰭の基底の下方，肛門附近，臀鰭基底後部の上方などにも色胞群が現れる．胸鰭及び腹鰭にはその外縁に近くこれと平行する色胞帯があり，背鰭はその上半部が色胞をおびて暗色を呈するに至る．

体長 42.0 mm（全長 54.2 mm），胸鰭の最初の 2 鰭条はほぼ等長で共に分岐しておらず，第 3 鰭条以下は分岐し後（下）方に到るに従い長さを増し第 6 鰭条が最長，第 1 ～ 3 鰭条の各々のはさむ角は大きくその間の鰭膜はひろく外縁は深く彎入する．背鰭はますます高くなり倒せば尾鰭上葉最長鰭条の基底に達する．ひげ状器官は長さも幅も増し，後方に延ばせば先端は眼の前縁に達し縁辺には多数の細いしわを持つ．

腹側の色胞群は明かな 5 横帯をなす，すなわち第 1 帯は胸鰭基底下方に，第 2 帯はこれと腹鰭基底との中間中央に，第 3 帯は両側の腹鰭基底の間に，第 4 帯は肛門の附近に，第 5 帯は臀鰭基底の後部上方に位置を占める．体側背面の色胞はふたたび体の前部にも現れかなり広く散在するに至り，新鮮な標本では背面は青紫色をおびる．胸鰭は先端を除いては色胞におおわれ，その上に鰭を後方に倒した場合に体側の横帯と相応ずる位置に色胞の部分的な拡張による暗色帯を有する．腹鰭にも 2 個の斜走暗色帯が体側の第 4, 5 暗色横帯と対応する位置に現れる．その他の鰭の色相には大きな変化はない．

体長 54 mm（全長 67 mm）．胸鰭の先端は背鰭の第 4 鰭条基底に達する．その第 4 鰭条がもつとも長く，第 1 ～ 2 鰭条はほぼひとしくて共に短く第 4 鰭条のそれぞれ 51, 53 per cent にあたる．その他の点では大きな変化はない．

体長 85 mm（全長 106 mm, Imai, 1952, fig. 1）の個体でも大差はみとめられないが，胸鰭前部の 2 鰭条はますます短くなると共にややその差を増し，それぞれ第 4 鰭条の 41, 47 per cent を測るのみとなる．しかし前部の 3 鰭条間の鰭膜はなお著しくひろい．背鰭も著しく高くその最長鰭条長は臀鰭の 1.4 倍，成魚の背鰭の 1.7～1.8 倍（比長）に達する．腹鰭もなおほとんど截形に近い外縁を持ち，ひげ状器官の先端は眼の前縁のわずかに後方に達し，幼期形態にみられる本種の特徴はなお明かにみとめられる．

体色にも大差はないが腹側の横帯はやや不明瞭となる．両対鰭共に強く暗色にふちどられるが内側の暗色帯は形が明かでなくなり，特に腹鰭では断裂した暗色帯が鰭条間に楕円形の斑紋を形成する傾向がある．新鮮時には背面及び腹側の暗色斑，各鰭の暗色部は青く腹面は銀白色を呈する．

未成魚期：体長 165 mm（全長 212 mm, textfig. 4）．すでにひげ状器官は存在せず外観は成魚に近い．胸鰭はほとんど幼期の特徴を失い第 1 ～ 3 鰭条はその順序に長さを増しそれぞれ最長の第 4 鰭条の 35, 48, 74 per cent を占める．各鰭条の間は狭くなり多くのトビウオ類の未成魚とほとんど同様の形態を示すが，最初の 2 鰭条はともに分岐せず，その間の鰭膜はなお次の 2 鰭条間の鰭膜よりやや広い．腹鰭も多くのトビウオ類のように第 3 鰭条が最長となるが，成魚よりも未だやや長く先端は尾柄前部に達する．背鰭もなお稚魚期後期と同様にかなり高い．

体色は成魚と同様になり腹側の横帯はみとめられない．胸鰭の後半はその下部に至るに従い濃い暗色を示し，この暗色部の前方の輪郭は比較的明瞭である．更に瞳孔大の楕円形の黒色斑が第 4 ～10 鰭条間の鰭膜の後半部に 13 個（右側には 12 個）散在する．腹鰭は第 6 鰭条を除いては暗色で中央部の鰭膜上に 2 個（右側に 3 個）の瞳孔よりやや小さい黒色円形の斑点がある．背鰭の第 5, 6 鰭条より後方ではその上半部は暗色，臀鰭は無色，尾鰭はやや暗色をおびるが成魚より著しく淡い．

同時に採集された体長 171mm の未成魚では胸鰭の黒色斑は 1 個（右側にも 1 個）みとめられるが腹鰭には存在せず，179mm の標本（Pl. 45, fig. D）では胸鰭には 1 個（右側には 2 個），腹鰭には 2 個（右側にも 2 個，そのうち 1 個は消滅せんとしている）がみとめられるのみで，この小暗色斑は未成魚期に消失するものと思われる．しかし鹿児島で採集された体長 226mm の成魚と思われる個体にも胸鰭に 1 個（右側にも 1 個），腹鰭にも小さいもの 2 個（右側にも 2 個）の暗色斑がみとめられた例もある．

Abe (1954) のかかげた体長 193mm の未成魚では対鰭の斑紋に関する諸特徴は明かでない．

これらの標本の測定値は Table 36 にかかげる．

Table 36. *Prognichthys agoo* (Temminck & Schlegel)
Juvenile
Measurements and Counts

Locality & Date collected	Yamakawa (Hatched in the laboratory)			N 28-48 E127-24 1955-4 -28	Koshiki jima 1953-10 -30	Uotsuri jima 1949-10	Yaku shima 1951-7 -22	E. of Formosa 1953-6 -17	〃 〃
Stage	Prol 20hs	Post-l 6ds	〃 2weeks	〃	Young	〃	〃	Immature	〃
Body length in mm.	4.64	5.73	10.2	17.5	25.6	54.0	85.0	165	179
Total length in mm.	5.50	6.60	—	22.5	32.8	69.0	106.0	212	226
in per cent of body length:									
Depth of body	20.3	21.0	16.4	14.3	14.1	15.7	17.1	17.6	16.8
Breadth of body	—	—	15.0	—	14.1	14.6	15.3	14.5	14.0
Head length	24.4	28.2	23.2	22.8	23.4	22.8	20.6	22.7	23.4
Snout length	—	—	7.2	—	—	5.9	5.9	—	7.0
Diameter of eye	9.8	10.9	8.8	8.8	9.8	8.3	7.3	7.7	7.8
Postorbital length	—	12.6	11.6	11.4	9.0	9.4	10.1	10.3	10.3
Interorbital width	—	—	9.6	—	—	10.7	9.4	9.1	8.7
Length of barbel	—	—	—	—	4.2	9.3	7.6	—	—
Distance from snout to:									
Ventral	53.3	57.0	52.0	54.2	55.8	58.5	54.1	58.7	59.7
Dorsal	—	72.2	70.5	69.6	70.2	72.2	71.8	74.3	74.5
Anal	70.5	75.5	72.0	—	—	75.8	73.6	77.0	76.8
Pectoral length	23.6	28.6	28.6	41.1	46.9	58.2	62.4	66.1	65.4
Ventral length	8.1	19.3	18.4	37.1	43.0	46.3	54.2	36.0	35.2
Length of the longest dorsal ray	—	5 6	8.0	14.3	19.5	18.5	17.7	11.8	10.1
Length of the longest anal ray	—	13.9	11.2	12.6	13.7	13.0	11.5	8.8	—
Length of dorsal base	—	18.9	17.6	20.6	17.6	16.3	17.1	16.1	14.5
Length of anal base	—	15.5	15.6	16.6	11.7	14.6	13.6	12.1	12.3
Depth of caudal peduncle	—	—	8.8	6.9	7.8	7.4	8.2	7.0	6.7
Length of caudal:									
Upper lobe	—	—	—	16.6	16.8	14.8	15.9	22.4	22.6
Lower lobe	—	27.8	—	26.3	27.3	26.0	27.0	28.2	29.6
Number of:									
Dorsal rays	—	—	—	12	12	11	i,10	i,10	i,10
Anal rays	—	—	—	10	9	11	i, 9	i, 9	i, 9
Pectoral rays (i+n)	—	—	—	15	17	ii,15	ii,15	ii,15	ii,15
Gill rakers	—	—	—	—	—	—	—	7+16	7+16
Predorsal scales	—	—	—	—	—	—	—	33	33
Scale rows above lateral line	—	—	—	—	—	—	—	7	7

類縁：本種は Temminck and Schlegel (1842～50) の Fauna Japonica に始めて記載されたものであるが，その后長くその実態が明かにされず，Tanaka (1913) はハマトビウオを本種と誤り，岡田，内田及び松原 (1935) はホソトビを本種として記載している．又，Abe (1953) によれば Jordan and Starks (1903) が本種として記載しているのはア

リアケトビウオであるという．しかるに BOESEMAN (1947) は TEMMINCK and SCHLEGEL の記載の基礎となつた当時長崎在住の画家の手になつた本種の原図を再刊し，ABE (1953) はその胸鰭にみられる特徴により本種が *Prognichthys* 属のトビウオ類であることを明かにした．これに先立ち筆者 (1952) は種名未詳のまま本種とその幼期の特徴，近似の種類との類縁について述べている．

本種は太平洋北東部より報告されている *Prognichthys gilberti* (SNYDER) と近縁のものと思われるが，その原記載及び GÜNTHER (1866), SCHULTZ (1943, 1953) の記載などを本種と比較すると，体がやや細く背鰭鰭条がやや少く (D. 10, A. 9～10)，背鰭が本種のように暗色を呈していない点が異るようである．しかし背鰭前方の正中線上の鱗数 (32) はほとんど本種と一致し，背鰭と臀鰭との位置の関係も本種と同様の特徴を持つ．又 BRUUN (1935) は西南太平洋においてひげ状器官を持つ体長 150mm の *Prognichthys* 未成魚を採集したと述べており (詳細の記載はない)，ひろく太平洋暖流域には本種と近似の種類が分布していることがうかがわれる．しかし SCHULTZ ら (1953) が *P. gilberti* の稚魚ではないかとしている Eniwetok で採集された標本は本属のものではなく，*Hirundichthys* 属のもののようである．本属中のダルマトビ *P. sealei*, ザカトビウオ *P. zaca*, *P. tringa* などは相互にきわめて近縁のものであるが，その幼期の形態からみればいずれも本種とはやや遠いもののようである．

本種は脊椎骨数の多い点，背鰭と臀鰭の鰭条数がひとしいか，前者が 1～2 個多いに過ぎず，且後者の起点が前者の第 2～4 鰭条の下方にある点，背鰭前方の正中線上の鱗数が本属中では特に多い点など，*Cypselurus* 属中における HUBBS ら (1946) のいわゆる *Cheilopogon* 亜属，すなわちハマトビウオ *C. pinnatibarbatus* などと共通の特徴を持つ．幼期の形態もよく似ており，両種とも背鰭がツマリトビウオ属 *Parexocoetus* のように高くなり，下顎端はにぶく尖りひげ状器官を備える．ひげは充分発達したものでは本種では一対，ハマトビウオ類は一個であるが，その始めには両者とも一対をなしその形状はすでに述べたようにほとんど同様である．これに加えて体側の色胞の分布もほぼ一致しており，体長 20mm 内外までは注意しないと両者を混同するおそれが多いほどである．これらの点からみて本種は，ハマトビウオの *Cypselurus* 属における系統的地位と同様に，*Prognichthys* 属中では比較的原始的な地位を占めるものであろう．

オキトビ *Danichthys rondeleti* (VALENCIENNES) もその幼期の形態からみれば *Hirundichthys* 属の諸種よりもむしろ本種に似ておりその系統的類縁が近いことをうかがわせる．

特徴：本種の成魚は胸鰭の前部 2 鰭条 (前端の萎縮鰭条を含まず) が分岐していないこと，背鰭後半に大きな黒色斑があることなどによつて容易に本邦産の他のトビウオ類と区別することができる．

幼期の始めにはハマトビウオと形態，色胞分布の状態などが類似していて，注意しないと査定をあやまりやすい．前期仔魚期の差異は次のようである．

トビウオ	ハマトビウオ
体高が高い．腹鰭直前での体高は体長の約 1/6.	体高が低い．腹鰭直前での体高は体長の約 1/8.
体側の黒色胞が少く背鰭と臀鰭との間に約 4 列にならぶ.	体側の黒色胞がやや多く背鰭と臀鰭との間に約 6 列にならぶ.

後期仔魚期には体高は個体差が著くなつて特徴とすることができなくなる．色胞列数も体長 7 ～ 8 mm を超えると体側中央に色胞帯を生ずるために次第に不明瞭となる．従つてむしろ次の諸点によつて両者を分つべきであろう．

トビウオ	ハマトビウオ
背鰭条数 10～12	背鰭条数 12～14
背鰭起点より尾鰭前端までの背中線両側の色胞数約 9 ～15 個.	左と同じ場所の色胞数約 15～25 個.

これらの差異も互に重複する部分があるためにすべての標本を確然と分つことははなはだ困難である．

稚魚期に入るや胸鰭条数も特徴としてあげられる．更にひげ状器官もその発育の始めにはほとんど同様の形態を備えているが，体長 20 mm 内外となつたものではトビウオではその外縁がなめらかな曲線をなすに対し，ハマトビウオでは著しい凸凹を有し波状を呈する．この時期以后にはひげの差異のほか，胸鰭，腹鰭の形態が著しく特徴的となるので容易に判別される．

すなわち 40～70 mm では胸鰭の前部 2 鰭条（萎縮鰭条を除き）は長さに大きな差がなく，前部 3 鰭条間では鰭膜がそれよりも後方の各鰭条間より広くなり，その外縁は深く凹入して特異の形態を示し，腹鰭は第 2 鰭条と第 5 鰭条がほぼ等長でもつとも長く，その間の鰭の外縁はほとんど一直線，又はわずかに叉入する．これに加えて背鰭もかなり高くなる．

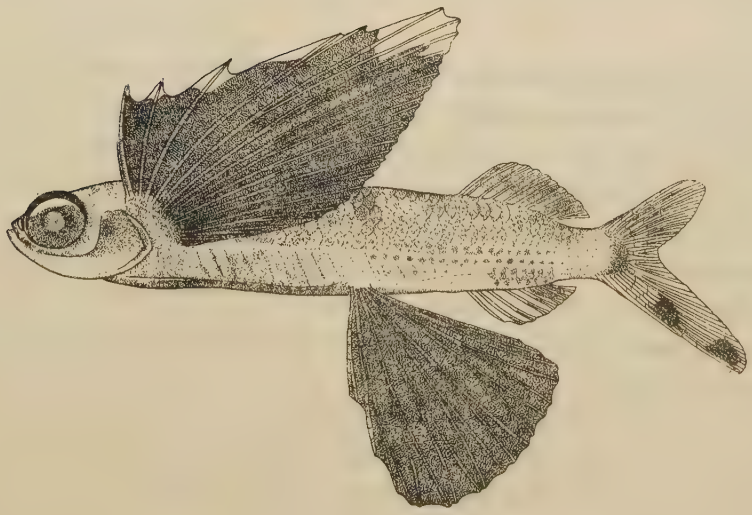
未成魚では鰭条の状態，鱗列数などにおいて成魚と同様の特徴を示すが，胸鰭，腹鰭には瞳孔大の黒色斑が数個みとめられる．

生態：本種は九州南部鹿児島県及び宮崎県沿岸では 9 月下旬より 11 月上旬までに群来しその漁業が行われる．このときが本種の産卵期で漁場の水温は始めに 27℃，後には 21℃ を示し，産卵盛期の 9 月下旬～10 月中旬には 23～25℃ を測る．奄美大島，沖永良部島でも夏期漁獲されるのは主として本種である．沖縄には *Danichthys rondeleti* を多産するというが，これも又本種のあやまりのようである．阿部氏によれば伊豆諸島における夏トビ漁業の対照として最も重要なのは本種であり，その熟卵は同地でも 9 ～10 月にみられるという．九州南部の漁場では本種はツクシトビウオやホソトビの如く大群をなして沿岸の産卵場に殺到することなく，刺網又は延縄により小規模に漁獲されるのみである．

本種の稚仔は九州近海では秋から翌年春にわたつて出現する．すなわち薩南海域で採集されたもののうちでは体長 20 mm 以下のものは 10 月より 4 月までの間に出現しており，体長 20 mm 以上のものも大部分 11 月から 4 月までに採集されているが，更に成長した体長 85 mm（全長 106 mm）のものは 7 月に 1 個体が屋久島水域で採集された例がある．体長 165～179 mm の未成魚は 6 月に台湾東方で採集された．これらの点からみて本種も孵化后満一年で体長 200 mm 以上に達し成熟するものと思われる．

本種の稚仔は比較的遠洋性のものと考えられる．筆者は 1951，52 年にわたつて本種の産卵期にあたる 10～11 月にその産卵水域である鹿児島県山川，枕崎などで沿岸表層の稚魚採集をくりかえして行つたが，主としてバショウトビウオ，アリアケトビウオ，アヤトビウオなどがみられるのみで，本種の稚仔は全く獲られなかつた．ここに記載された本種幼期の資料は主として屋久島，奄美大島などの海洋島嶼の周辺や沖合の定線上で採集され

Textfig. 4 *Prognichthys agoo* (TEMMINCK et SCHLEGEL), Immature, 165 mm long, east of Formosa.



Textfig. 5 *Prognichthys zaca* (SEALE), Juvenile, 59 mm long, Yaku-shima.

たものである．そのうちでも 28°48′N 127°24′E（1955 年 4 月 28 日）の東シナ海の潮目上で，体長 17～24 mm の稚仔が 30 分の曳網で一時に 54 個体採集されたのが記録的であつた．

水槽中における飼育仔魚は先にも述べたように，孵化后約 10 日間は色胞の開張と収縮とに応じて白色，黄色，淡黒色，黒褐色などの種々の体色を示すが，15 日内外を過ぎれば体はほとんど銀白色となり，黒色胞は常に収縮し黄色胞も体表面にはみとめ難くなる．胸鰭と腹鰭とは淡紫色で，常にこの両対鰭をひろげ水面近くを游泳している状態は藤色の花弁を散らしたようではなはだ美しい．孵化后 30 時間内外より投餌した brine shrimp 幼生を摂るようになつたが，本種では常に表層を游いでいる餌料を追うのみで水槽底に群集したものを索めようとしないので，投餌の際は水面の一部を強く照らして餌料をこの部分に集合させる必要があつた．

分布：台湾近海，沖縄本島，奄美群島，伊豆諸島，千葉県以南の本邦太平洋沿岸に分布する．

17. *Prognichthys zaca* (Seale)

ザカトビウオ

Plates 46～48; Textfig. 5; Tables 37, 38

本種と次にあげるダルマトビ *P. sealei* Abe との関係は後述するように未だ充分に明かにされていない．しかしここには Abe (1955 a) に従い両者を分つて記述する．

成魚の形態 (Pl. 46, fig. A)：尖閣群島魚釣島附近で採集された体長 141.5 mm（全長 174＋mm）の♀の一標本における脊椎骨数 43 (28＋15)．鰭条などの数及び各部分の測定値は次のようである．

背鰭条数 11，臀鰭条数 9，胸鰭条数 19 (i＋iii＋14＋i，前端の 1 個は萎縮鰭条)，鰓耙数 6＋15，背鰭前方の正中線上の鱗数 25，背鰭起点と側線との間の鱗列数 7．

体長に対する百分比：体高 17.1，体幅 14.2，頭高 23.4，吻長 6.9，眼径 7.6，眼後部長 11.0，眼間径 7.8，吻端より腹鰭基定に至る距離 57.8，背鰭起点に至る距離 71.8，臀鰭起点に至る距離 76.7，胸鰭長 67.0＋，腹鰭長 31.4，最長背鰭条長 9.2，最長臀鰭条長 6.7，背鰭基底長 15.5，臀鰭基底長 11.0，尾柄高 7.5，尾柄長 8.5，尾鰭上葉長 10.4＋，下葉長 25.8＋．

体は比較的細く頭部の大きさは中庸である．胸鰭はむしろ短く先端は背鰭基底の後部に達する．その第 5 鰭条（前端の萎縮条鰭を除く，以下同様）が最長，第 1～3 鰭条は分岐せずその長さは第 5 鰭条のそれぞれ 37，54，74，per cent にあたる．これらの不分岐鰭条の先端はそれぞれ次の鰭条に接しており，その間の鰭膜はきわめて狭い．第 4 鰭条以下はすべて分岐している．腹鰭は眼の前部と尾鰭中央鰭条後端との中間中央に位置を占め，後方に圧すればその先端は臀鰭基底後端に達する．背鰭及び臀鰭は共に低く圧しても尾鰭にふれない．臀鰭起点は背鰭の第 2～3 鰭条基底の中間下方にありその後端は背鰭基底後端より前方にある．両顎にはその前端に近くきわめて小さい円錐歯があるが，口蓋骨には歯がない．

色相：体色は多くのトビウオ類と同様である．胸鰭は先端の一部と下方 5～6 鰭条間を除けば鰭条も鰭膜も色胞をおび暗色を呈する．腹鰭は第 2～4 鰭条間は先端に至るまでやや暗色，背鰭は一様に疎に色胞をおびる．臀鰭は無色，尾鰭は黒褐色を呈する．

上記の標本は Fiji 島で採集された体長 116mm の *Cypselurus zaca* の holotype に比べ体がやや細く，眼が小さく吻がわずかに短い．又，この holotype では臀鰭も色胞をおび腹鰭も外縁に沿い広く暗色を呈しているが一方では胸鰭前部の鰭条の間隔がひろく鰭膜がかなりよく発達していてなお幼期形態の残存が明かにみとめられる点から，上記の形態色相の多少の相異は発育の差によるものと考え本種と同定した．なおここにかかげた標本では生殖巣はすでに発育して太紐状をなしているのをみとめた．

本種と同定される標本は上記のほか Sau 海で体長 141～155mm の 8 個体が採集された．これらはいずれも生殖巣が発達しており，胸鰭前部の（萎縮を除き 3 個の）不分岐鰭条は密接していて，本種はこの大きさですでに成魚となることを示している．

Seale (1935) の記載している Solomon 群島 Bellona 島で採集された体長 142mm の本種の paratype では，大きさが上にあげた成魚にほぼひとしく holotype よりかなり大きいにもかかわらず，胸鰭の前部不分岐鰭条（萎縮鰭条を除き 4 個）の間にひろい鰭膜を持ち，最初の鰭条はこれにつづく 3 鰭条より著しく長くなお完全に幼期形態を保つている．近似の種類間で胸鰭の幼期形態の失われる大きさに著しい差がある例は，Bruun (1935), Breder (1938), Imai (1954) などが述べたように *Hirundichthys* 属にもみられるが，上記の paratype も *P. zaca* とは近似の別種を代表するものではないかと思われる．

類縁，生活史：本種と近縁と考えられるものとして大西洋産の *P. gibbifrons* (Valenciennes)，東太平洋産の *P. tringa* Breder 及び次に述べる西太平洋産の *P. sealei* Abe の 3 種があげられる．前二者では胸鰭前部の不分岐鰭条数が 2 個，*P. sealei* では 4 個であるのをそれぞれ特徴とする．これらのうち *P. gibbifrons* は Bruun (1935), Breder (1938) によりその幼期の一部が明かにされ，*P. sealei* についても Abe (1955 a) はその paratype として 2 個体の稚魚を記載している．

P. zaca と *P. sealei* とは得られた成魚の大きさにかなりの差（前者は体長 141～155mm，後者は体長 183, 187mm）があることを除いては，その胸鰭前部の不分岐鰭条数が前者は 3 個，後者は 4 個なのをほとんど唯一の明らかな差異とする．しかし既述のように西太平洋には *P.zaca* のほかにその paratype が代表している近縁種があり，これが体長 142 mm に達してもなお，*P. sealei* と同じく 4 個の不分岐胸鰭条を持つことは，これらの両種がそれぞれ独立した別種であることをかなりの確かさで推定せしめる．すなわち上記の paratype は *P. sealei* の幼期とされる可能性が強い．しかし一方では両種ともに不分岐鰭条数に 1～2 個の変異を示すことも考えられるのでなお多くの標本が採集されるまではこれらの関係を決定するのは困難である．

P. gibbifrons では上述の Bruun 及び Breder によりかなり多数の幼期を含む個体が比較されているが，胸鰭前部の不分岐鰭条は体長 37.5mm まではなお 3 個を数え，ようやく幼期形態を失おうとする体長 97mm では定数 2 個となり，成魚ではすべて 2 個を有するのみである．

九州南部，南西諸島水域及びその南方 20°N 以北の海域で採集された *P. zaca*（若しくは *P. sealei*）の幼期と思われる稚仔は体長 5.6～59.0mm（全長 7.1～74.0mm）の 22 個体である．これらのうち胸鰭前部の不分岐鰭条数が 3 個の最小の個体は体長 39mm（薩南東新曽根）であるが，これ以上に達してなお 5 個の不分岐胸鰭条を持つものもあり，すべての個体が定数の不分岐胸鰭条を持つに至るのは体長 60～70mm 以上に達した後ではないかと思

われる（赤道海域産の標本で体長 75, 85mm で第4鰭条が分岐せんとしているものがみられる）.

Abe (1955) がその *P. sealei* の paratype としてかかげている房総半島南方産の体長 38, 52mm の2個体の稚魚のうち，大きい方は両側ともに4個の，小さい方では一側で3個，一側で5個の不分岐胸鰭条を持つが，これらはおそらく成長后には両側ともに3個となりむしろ *P. zaca* と同様の特徴を示すに至る可能性が大きい.

上述の *P. zaca* の paratype の一特徴としてその胸鰭の最初の鰭条がこれにつづく3個の鰭条より著しく長く，体長のほぼ 1/3 に達する点があげられる．この鰭条は本邦近海産のものでは体長 25mm 内外からその第2～3鰭条よりも長くなり特異の形状を示すに至るが，その長さには個体差が著しく，不分岐鰭条3個のもので体長の 25（体長 58 mm）～35（体長 43mm) per cent を示す一方，不分岐鰭条4～5個のものでも 21.2(体長 52 mm, *P. sealei* の paratype)～36.1（体長 30.5mm）per cent を示し鰭条数の特徴とは特別の関連を持たないようにみえる.

このようにして胸鰭前部に4～5個以上の不分岐鰭条を有する稚仔のうちいずれが成長后にその3個又は4個を有すべきものかを判定するのはなお困難である．以下にかかげる幼期の記載のうち，胸鰭前部の不分岐鰭条数3個のものについては *P. zaca* の幼期として一応誤はなかろうがその他のものについては *P. sealei* の幼期を含む場合もあるものと考えられる.

仔魚期（Pls. 46, 47）：体長 5.6mm（全長 7.1mm）のものは体は太く頭部は特に大きくて体長はその 2.8 倍，これに伴い腹鰭，背鰭及び臀鰭は体長 10～15mm のものよりかえつて後方に始る．胸鰭の先端は腹鰭基底上方に達し，腹鰭は胸鰭よりやや長くて先端は臀鰭基底の中央に達する．両対鰭ともに多くのトビウオ類の仔魚期初期に比べよく発達している．背鰭は高く，圧すればその後部鰭条の先端は尾鰭の前端に達する．臀鰭は背鰭より更に高い．尾鰭は下葉がやや大きいが後縁はほぼ截形をなす．鰭条数は破損して明らかでないが，胸鰭を除いては定数に達しているようで胸鰭においても約 10 個を数える.

色胞は頭部背面及び側面，体の背面，側面，腹面ともによく発達しているが，頭部腹面，腹鰭基底，尾柄部などにはこれを欠いている．軀幹部背面では頭部より後方の正中線上に約 20 個を数え，体側には腹鰭上方に約9列がならぶ．胸鰭上半には後縁を除いて色胞散在し，腹鰭は大部分が色胞におおわれる．背鰭にもほぼ一様に散在する色胞があり，臀鰭上にも僅数がみとめられる．尾鰭上にも少数の色胞が散在している．一般に体は著しく暗色をおび尾柄部のみが対照的に淡色を示す.

体長 7.1 mm（全長 8.2mm）に達したものでは体がかなり細いが特徴には大差がない.

体長 10.5～15.5mm（全長 13.6～21.0mm）．頭長は多少短くなるがなお体長はその 3.5～3.6 倍，各鰭ともその起点は前進し，腹鰭は成魚よりも前方に位置を占める．体長 15.5mm の個体では胸鰭はその第7鰭条がもつとも長く先端は腹鰭基底と背鰭起点との中間中央に達し，第1,2鰭条は長さがほぼひとしくそれより後方の鰭条は次第に長さを増す．胸鰭前部の外縁は（鰭をひろげた時には）ほぼ体軸に平行な直線をなし，本属に共通の幼期の特徴が発達し始める．しかし総鰭条数は定数に2～3個足りない．なおこの時期には前端の

萎縮鰭条は第1鰭条に密着しているが外観的に明かにみとめることができる．腹鰭の先端は臀鰭基底の後端に達する．尾鰭は体長 10.5 mm（全長 13.6 mm）で後縁がやや凹入し始め，15.5 mm では下葉が著しく長くなり体長の 1/3 にひとしくなる．眼は各期を通じて最大で眼径は頭長の半ばを超える．

尾柄の淡色の部分は次第に狭まり体長 14.0 mm（全長 19.6 mm）以上のものではその後端まで色胞におおわれる．胸鰭も大部分色胞におおわれて暗色となるが，15.5 mm の個体では前部 6 ～ 7 鰭条の先端とその間の鰭膜とは顕著な淡色縁を持つ．腹鰭はひきつづき全体暗色，背鰭も色胞におおわれるが臀鰭はなおほとんど淡色である．

稚魚期（Pls. 47, 48）体長 17.0 mm（全長 22.8 mm）に達したものでは胸鰭条数も定数（18 又は 19）を数える．しかしその各鰭条は未だ分岐していない．成長とともに体高，頭長及び眼径は次第に減少する．

体長 20.5 mm（全長 27.0 mm）では胸鰭の先端は背鰭前部に，腹鰭の先端は尾柄後部に達する．胸鰭の第 6 ～ 9 鰭条は分岐し始める．軀幹部の体側及び腹面に鱗がみとめられる．

体長 26.8 mm（全長 35.2 mm），胸鰭の第 6 ～12 鰭条は分岐する．第 1 鰭条は第 2 鰭条よりもわずかに長いが第 3 鰭条より短い．第 7 鰭条が最長，胸鰭の形態は次第に特徴的となる．

体長 36.0 mm（全長 46.0 mm）．頭長はまだ成魚よりかなり大きく体長はその 3.8 倍，胸鰭の先端は背鰭の中央部に，腹鰭の先端は尾鰭の前端に達する．胸鰭条は（萎縮鰭条を除き）前部より 5 個は分岐せず第 6 番目より後方 14 番目までは分岐する．第 1 鰭条は第 2, 3 番目の鰭条より長く第 4 鰭条にほぼひとしく，以下次第に長さを増し第 7 鰭条がもつとも長い．これらの前部鰭条の各々の間では鰭膜がひろく，鰭を開張すればその前半部の外縁は深く凹入した弧状を呈する．

色胞は体側にひろくひろがつており，鰓蓋上，胸鰭基底下方，腹鰭基底の前方，肛門附近などではやや拡張して不明瞭な暗色斑を形成している．胸鰭は紫黒色で前部の 7 鰭条間は明瞭な輪廓を持つ淡色縁を有する．腹鰭も一様に暗紫色，背鰭は一様に色胞をおびてやや暗色，臀鰭には後部に一暗色斑がある．尾鰭は下葉にのみ色胞を有する．

体長 39.0 mm（全長 49.5 mm）．胸鰭前部の不分岐鰭条は（萎縮鰭条を除き）3 個，第 4 鰭条以下は分岐する．第 1，第 2 鰭条はほぼ等長で以下次第に長さを増し第 6 鰭条がもつとも長い．胸鰭の形態は体長 36 mm のものとほぼ同様で著しく特徴的である．背鰭及び臀鰭は各期を通じてもつとも高くなるが特異の形態は示さない．

色胞は鰓蓋上，胸鰭基底とその下方，腹鰭基底の下方，後二者の中間中央，臀鰭前部の上方，尾柄端の各部分では多少拡張しそれぞれ暗色斑を形成する．胸鰭は大部分黒く前部の 7 鰭条の先端とその間の鰭膜の縁辺のみは淡色，その境界は截然としており特徴的である．腹鰭も全体ほぼ一様に黒い．臀鰭はその後半部に色胞群を有する．尾鰭はなおほとんど淡色で下葉には色胞が散在している．

体長 43.0 mm（全長 55.0 mm）．胸鰭前部の不分岐鰭条は（萎縮鰭条を除き）4 個，胸鰭の形態も全体の色相その他も体長 36 mm の個体と大差はない．

体長 59.0 mm（全長 74.0 mm, textfig. 5）．頭長と体高とはほぼ成魚に近くなる．胸鰭前部の不分岐鰭条は（萎縮鰭条を除き）3 個，第 1 鰭条は第 2 鰭条よりわずかに短く第 5 鰭条がもつとも長い．胸鰭全体の形態としては幼期の特徴がなお明らかである．色胞の分布は体長 39 mm のものとほぼ同様であるが尾鰭下葉の中央と後部に 2 暗色横帯がならぶ．

上記の諸標本のうち 8 個体の個体別測定値を Table 37 にかかげる.

Table 37. *Prognichthys zaca* (SEALE)
Juvenile
Measurements and Counts

Serial number Locality & Date collected	N 22–24 E125–10 1953–4 –30	N 27–29 E130–59 1955–8 –21	Yama- kawa 1952–8 –27	Kagoshima Bay 1955–8–4	Yaku I. 1951–7 –22	N 30–25 E129–40 1953–5 –20	N 28–50 E127–29 1955–8 –23	Yaku I. 1950–6 –10
Stage	Prol	Post-l	〃	Young	〃	〃	〃	〃
Body length in mm.	5.6	10.5	15.5	20.5	36.0	39.0	43.0	59.0
Total length in mm.	7.1	13.6	21.0	27.0	46.0	49.5	55.0	74.0
in per cent of body length:								
Depth of body	31.6	23.2	20.6	23.4	20.4	20.6	18.9	19.0
Breadth of body	21.6	20.3	20.0	21.4	19.7	20.2	18.5	17.3
Head length	35.2	27.6	28.4	26.8	26.4	25.7	26.6	23.4
Snout length	5.4	2.9	—	2.6	5.0	5.0	4.6	6.1
Diameter of eye	11.3	14.5	14.8	13.2	10.7	11.0	10.5	9.5
Postorbital length	18.9	10.1	12.9	9.8	12.8	11.8	13.1	10.0
Interorbital width	—	8.7	14 2	11.8	13.3	12.3	13.3	11.5
Length of barbel	—	—	—	—	—	—	—	—
Distance from snout to:								
Ventral	64.8	57.2	56.8	58.5	56.5	57.2	57.2	58.5
Dorsal	75.5	68.0	71.6	71.3	70.6	71.2	69.7	74.0
Anal	79.2	74.1	75.4	76.6	75.5	76.5	73.2	77.0
Pectoral length	21.6	33.3	45.2	56.2	60.5	58.3	62.8	60.5
Ventral length	24.3	24.6	36.8	39.0	44.5	43.3	47.5	41.5
Length of the longest dorsal ray	—	8.7	16.2	12.7	17.2	15.8	17.1	11.9
Length of the longest anal ray	—	13.0	14.8	13.7	15.5	13.9	16.5	9.5
Length of dorsal base	21.6	17.4	21.3	20.0	16.7	18.5	16.5	17.0
Length of anal base	—	11.6	13.2	17.1	12.8	13.6	11.3	12.7
Depth of caudal peduncle	12.2	8.7	9.7	8.3	8.8	8.6	7.8	9.5
Length of caudal:								
Upper lobe	—	16.0	16.2	18.6	16.1	17.6	18.2	17.0
Lower lobe	29.7	29.0	32.9	32.2	29.2	29.2	28.8	28.0
Number of:								
Dorsal rays	10	10	11	11	10	10	10	10
Anal rays	9	9	9	9	9	8	9	8
Pectoral rays (i+n)	Ca, 10	Ca, 14	16	iv, 10,ii	v, 11,i	iii, 13,i	iv, 12,i	iii, 13,i
predorsal scales	—	—	—	—	—	—	—	—
Scale rows above lateral line	—	—	—	—	—	—	—	—
Vertebrae	—	—	—	—	—	—	—	—

Table 38. *Prognichthys zaca* (SEALE)
Prognichthys sealei ABE
Measurements and Counts

Serial number Locality & Date collected	*P. zaca* KCF 2842 Uotsuri I. 1952–10–15	*P. sealei* KCF 4164 NO 4–21 E 134–29 1955–6–23
Sex	♀	♀
Body length in mm.	141.5	187
Total length in mm.	174+	237
in per cent of body length:		
Depth of body	17.1	16.0
Breadth of body	14.2	14.7
Head length	23.4	23.6
Snout length	6.9	6.4
Diameter of eye	7.6	7.2
Postorbital length	11.0	11.0
Interorbital width	7.8	8.8
Length of barbel	—	—

Distance from snout to:		
Ventral	57.8	58.3
Dorsal	71.8	72.7
Anal	76.7	77.0
Pectoral length	67.0	64.2
Ventral length	31.4+	33.4
Length of the longest dorsal ray	9.2	7.7+
Length of the longest anal ray	6.7	4.3+
Length of dorsal base	15.5	16.5
Length of anal base	11.0	11.0
Depth of caudal peduncle	7.5	6.7
Dength of caudal:		
Upper lobe	10.4+	17.4+
Lower lobe	25.8+	28.8+
Number of:		
Dorsal rays	i, 10	i, 10
Anal rays	i, 8	i, 9
Pectoral rays (i+n)	iii, 14, i	iv, 12, i
Predorsal scales	25	27
Scale rows above lateral line	7	8
Vertebrae	43	43

本種の未成魚期の標本は日本近海からは採集されていないが，すでに述べたように本種の holotype（体長 116 mm）がこれを代表するものであろう．

特徴：成魚においては胸鰭前部の不分岐鰭条が（萎縮鰭条を除き）3個であることを特徴とする．体長 120～140 mm で成魚と同様の形態を示すに至るものと考えられる．本種と *P. sealei* との関係については類縁の項に詳述した．

仔魚期の始めには体が著しく太短いこと，腹鰭が体の中央より後方にあつて体長に比べよく発達していること，特異な鰭条数（D. 10, 11; A. 8, 9）を示すことなど，更に体長 10～15 mm では胸鰭前部の外縁が（その最初の 2～3 鰭条の長さに著しい差がないために）ほぼ直線状をなし，以后成長するとともに胸鰭が特異な形態と色相とを呈するに至ることなどは他のトビウオ類諸属の幼期との明かな差異としてあげることができる．同属のトビウオ *P. agoo* 幼期とは胸鰭前部の形態を除いては共通の点はむしろ少く，*P. agoo* はひげ状器官を持つこと，体が比較的細く色胞が少いこと，日本近海における出現期が本種は主として夏であるのに，*P. agoo* は秋～早春であることなどに著しい差があり，混同されるおそれは少い．しかし *P. sealei* 幼期との判別はなお困難なことはすでに述べた通りである．

生態：本種の成魚は九州近海では採集されておらずここに記載したものは 1952 年 10 月 15 日夜，尖閣群島中の魚釣島附近で延縄操業中の練習船新潮丸の甲板上に飛来したものである．この標本には未熟の卵巣がみとめられた．

稚仔は南西諸島水域，東シナ海東部，九州近海などで 5～8 月に採集され沿岸の潮目でもみいだされ，鹿児島湾内で採集されたこともある．

分布：わが国からはここに報告されたものを除いては記録がない．しかし Abe (1955a) が房総半島沖から記載している *P. sealei* の paratype は本種の稚仔ではないかとも考えられる．

本種は最初 Fiji 島から報告されており筆者も Sau 海でその成魚を採集しているほか，稚仔は（*P. sealei* の稚仔と区別し難いが）Sau 海, New Guinea の北方, Coral 海などでしばしば得られている．

18. *Prognichthys sealei* Abe

ダルマトビ

Plate 46; Table 38

成魚の形態：(Pl. 46, fig. B)：本種の成魚は Palao 島の南方 (4°21′ N 134°29′ E) で体長 187mm (全長 237＋mm) ♀の一標本が採集されたのみである．この標本における脊椎骨数は 43 (28＋15)，鰭条などの数及び各部分の測定値は次のようである．

背鰭条数 11，臀鰭条数 9，胸鰭条数 18 (i＋iv＋12＋i，前端の 1 個は萎縮鰭条) 鰓耙数 6 ＋14，背鰭前方の正中線上の鱗数 27 個，背鰭起点と側線との間の鱗列数 7，側線と臀鰭起点との鱗列数 3．

体長に対する百分比：体高 16.0，体幅 14.7，頭長 23.6；眼径 7.2，吻長 6.4，眼後部長 11.0，時間径 8.8；吻端より腹鰭基底に至る距離 58.3，背鰭起点に至る距離 72.7，臀鰭起点に至る距離 77.0；胸鰭長 64.2，腹鰭長 33.4，最長背鰭条長 7.7＋，最長臀鰭条長 4.3＋，背鰭基底長 16.5，臀鰭基底長 11.0；尾柄長 8.5，尾柄高 6.7；尾鰭上葉長 17.4＋，下葉長 28.8＋．

体は比較的細い．胸鰭はやや短く先端は背鰭基底後部に達する．第 6 鰭条 (前端の萎縮鰭条を除く，以下同様) が最長，第 1 ～ 4 鰭条は分岐しておらず互に密着しその間の鰭膜はほとんど発達していない．第 5 鰭条以下は最後の 1 個を除きすべて分岐する．背鰭と臀鰭とは共に低く，後者は前者の第 3 ～ 4 鰭条基底の中間下方に始る．両顎には小さな円錐歯がならぶ．口蓋骨には歯がない．胸鰭基底後方の鱗はほぼ楕円形で後縁は凸出し後はにぶく尖る．

色相：体色は多くのトビウオ類と異らない，胸鰭は最長鰭条の先端の一部と下方の 4 ～ 5 鰭条間はやや淡色をおびるがその他の大部分は後縁に至るまで藍黒色を呈する．腹鰭は中央の第 2 ～ 5 鰭条間には色胞を有し，臀鰭はほとんど黒色，尾鰭は一様に黒褐色を呈する．

本種は Abe (1955a) により設けられたもので，ここに記載した標本はその holotype に比較すれば鱗列数が 1 個少く，臀鰭条が 1 個多く，体高がやや低い (holotype では体長の 11.3 per cent) のが異なるのみでその他の点ではほとんど一致している．

生活史：すでにザカトビウオ *P. zaca* の記載で述べたように本種と *P. zaca* との幼期の差異は明瞭ではないのでこれらを一括して *P. zaca* の生活史の項にかかげた．

又，*P. zaca* の *paratype* は体長 142mm に達してもなお稚魚と同様の形態の胸鰭を持ち，しかもその前部に *P. sealei* と同じく 4 個の不分岐鰭条を持つが，これが本種の稚魚後期を代表するものではないかとも考えられることもすでに述べた．

P. sealei の paratype は全長 50mm 及び 68mm の稚魚であるが，これが *P. zaca* と区別し難いことも既述の通りである．

類縁，特徴：*P. saca* の類縁において述べた通りであるが，その成魚は胸鰭前部に 4 個 (原著では前端の萎縮鰭条を加えて 5 個としてある) の不分岐鰭条を持つのを特徴とする．

分布：本種の holotype は宮古島東方で採集されている．Abe によればわが国以外では New Hebrides 島東方で採集されている．

19. *Danichthys rondeleti* (Valenciennes)

オキトビ

Plate 49; Textfig. 6; Table 39

成魚の形態（Pl. 49, fig. A）：鹿児島県川辺郡諏訪之瀬島附近で採集された本種の体長243 mm（全長 308 mm）の♂における脊椎骨数は 45 (29+16)，鰭条などの数及び各部分の測定値は次に示す通りである．

背鰭条数 11，臀鰭条数 11，胸鰭条数 20（最前端の萎縮鰭条を含む）．後頭部より背鰭起点に到る正中線上の鱗数 28，背鰭起点と側線との間の鱗列数 6，側線と臀鰭起点との間の鱗列数 2，鰓耙数 9＋20＝29.

体長に対する百分比：体高 16.8，体幅 14.4，頭長 22.0；吻長 6.0，眼径 6.8，眼後部長 9.7，眼間径 8.0，吻端より背鰭起点に到る距離 72.5，臀鰭起点に到る距離 74.0，腹鰭基底に到る距離 57.5，胸鰭長 74.0，腹鰭長 30.0，背鰭最長鰭条長 9.7，臀鰭最長鰭条長 7.8，背鰭基底長 15.4，臀鰭基底長 13.0；尾柄長 11.1，尾柄高 6.4；尾鰭上葉長 21.6，下葉長 27.5.

体はニノジトビウオ属 *Hirundichthys* のトビウオ類の如くやや細長い．胸鰭は長く先端は尾鰭の萎縮鰭条に達する．その最前部の 2 鰭条（萎縮鰭条を除き）は分岐せず，以下の各鰭条は分岐し，第 4, 5 鰭条が最とも長い．第 1 ～ 3 鰭条の長さは第 4 鰭条の長さのそれぞれ 40, 57, 82 per cent にあたる．腹鰭の基底と尾鰭中央鰭条先端との距離は前者と眼の後部との距離にひとしい．腹鰭の先端は臀鰭基定後端に達する．臀鰭は背鰭の第 2 鰭条基底下に始る．尾柄は比較的長く且低い．歯は両顎にのみ存在しほとんど円錐形で小さい．胸鰭後方の鱗は上下に長い楕円形で，前縁中央は帆立貝殻状をなし後縁はやや凸出する．核はほぼ中央にあり前方に向う 5 ～ 8 個の放射線を出すがそのうち 2 ～ 3 個は縁辺に達していない．

色相：体色は多くのトビウオ類と同様である．胸鰭は下方の 4 ～ 5 鰭条間を除いては大部分藍黒色で先端より後縁に沿い幅が瞳孔径の 1/3～2/3 の淡色縁をおびる．腹鰭は鰭条のみやや暗色，背鰭も鰭条はやや暗色．臀鰭は淡色，尾鰭はほぼ一様に黒褐色を呈する．

上記の標本にみられる諸特徴は Weber and Beaufort (1922), Bruun (1935) 等の太平洋西部，東インド諸島水域及び大西洋，地中海の本種の記載とよく一致し，各測定値もそれぞれの水域の標本の測定値の変異の範囲のうちに含まれる．しかし地中海産のものは成魚でもやや小型（体長 200 mm に達せず）の傾向がみられる．

生活史：筆者の精査し得た本種の幼期標本は三陸東方沖合 38°N～42.5°N, 147°E～153.5°E で採集された体長 12.5～28.5 mm（全長 16.2～35.5 mm）の 5 個体のみである．

稚魚期（Textfig. 6）：体長 12.8 mm（全長 16.2 mm），各鰭の鰭定数は定数に達している（P. i+18）．体は細く眼が大きく下顎端はやや膨出している．胸鰭の先端は背鰭前端に達し，その第 1 ～ 4 鰭条（萎縮鰭条を除き）の挟む角は後方鰭条のはさむ角よりもややひろい．腹鰭の中央 3 鰭条はすでに分岐しており先端は臀鰭基底の中央に達する．尾鰭は下葉が伸長し始めているが後縁はなお截形．頭部より背面正中線，背鰭基底両側にかけて色胞列がならぶ．体側後部にも色胞がひろがり尾鰭基底に及び，峡部より肛門にかけての腹面にも分布する．胸鰭，腹鰭の中央部，尾鰭下葉にも色胞が散在するが背鰭と臀鰭とにはみとめられない．

Textfig. 6 *Danichthys rondeleti* (VALENCIENNES), Juvenile, A : 12.8 mm long, 38°00′N 153°30′E B : 26.5 mm long, 42°30′N 151°40′E C : 28.5 mm long, 38°42′N 147°25′E.

体長 19.5 mm（全長 25.7 mm）では前部の体側及び側線上に鱗を生ずる．

体長 26.5 mm（全長 33.5 mm），鱗は体の全面をおおう．胸鰭の前部 4 鰭条（萎縮鰭条を除く）のはさむ角はひろくなり，鰭膜もひろがつて本種の幼期の特徴が明かとなる．最長の第 5, 6 鰭条の先端は背鰭後部に達する．体側腹面には胸鰭基底と腹鰭基底とのほぼ中間，腹鰭基底附近，肛門上方，臀鰭後部上方などに黒色胞群が現れる．体側の色胞群は腹鰭の後方では体側中央を走る幅広い縦帯をなす．胸鰭にはそれぞれ体側の第 1 ～ 3 横帯に連る 3 横帯を生じ，腹鰭上にも中央部と後縁に沿う色胞群がみられる．背鰭の上半部，尾鰭下葉などにも色胞が散在するが臀鰭にはない．

体長 28.5 mm（全長 35.5 mm），上述のものと大きな差異はないが胸鰭ではその第 1 ～ 3 鰭条（萎縮鰭条を除き）の間の鰭膜のみが特に広い．体側腹部の斑紋はやや不明瞭となるが，胸鰭と腹鰭とは広く色胞におおわれ暗色を呈し，その一部は拡張して前者では 2 個の，後者では 1 個の黒色横帯を形成する．

これらの標本の個体別測定値は Table 39 にかかげる．

Table 39. *Danichthys rondeleti* (VALENCIENNES)
Measurements and Counts

Serial number Locality & Date collected	— N 38–00 E153–30 1950–7–5	— N 38–42 E147–25 1950–7–22	— N 41–56 E147–25 1950–8–16	— N 42–30 E151–40 1950–9–2	— N 38–42 E147–25 1950–7–22	KCF 4075 Swanose I. 1955–4–29
Stage	Young	〃	〃	〃	〃	Adult
Body length in mm.	12.8	15.6	19.5	26.5	28.5	243
Total length in mm.	16.2	19.8	25.7	33.5	35.5	308
in per cent of body length:						
Depth of body	15.6	14.7	14.4	15.7	16.5	16.8
Breadth of body	—	—	—	15.5	16.9	14.4
Head length	25.2	23.1	23.1	—	23.9	22.0
Snout length	3.9	—	6.1	—	6.3	6.0
Diameter of eye	9.3	10.3	11.6	—	10.5	6.8
Postorbital length	9.3	7.1	—	—	10.5	9.7
Interorbital width	—	—	12.8	—	10.9	8.0
Length of barbel	—	—	—	—	—	—
Distance from snout to:						
Ventral	51.5	55.1	53.8	55.2	59.0	57.5
Dorsal	63.0	69.0	68.2	69.8	69.5	72.5
Anal	—	—	—	68.7	69.0	74.0
Pectoral length	—	41.6	57.5	65.0	66.0	74.0
Ventral length	—	28.2	35.9	39.7	39.3	30.0
Length of the longest dorsal ray	10.2	13.5	14.4	13.2	14.8	9.7
Length of the longest anal ray	14.1	13.5	13.3	12.8	11.9	7.8
Length of dorsal base	17.2	17.6	18.0	18.5	17.6	15.4
Length of anal base	—	16.7	15.8	15.5	16.3	13.0
Depth of caudal peduncle	7.0	7.1	7.2	7.6	7.7	6.4
Length of caudal:						
Upper lobe	—	—	15.4	18.9	17.5	21.6
Lower lobe	—	—	18.8	32.0	27.0	27.5
Number of:						
Dorsal rays	10	12	10	11	9	i,10
Anal rays	10	12	10	11	10	i,10
Pectoral rays (i+n)	18	18	18	18	18	ii,15,ii
Predorsal scales	—	—	—	—	—	28
Scale rows above lateral line	—	—	—	—	—	6
Gill rakers	—	—	—	—	—	9+20
Vertebrae	—	—	—	—	—	29+16

ABE (1956b) は本種と推定される全長 78 mm (八丈島産) ならびに 102 mm (伊豆大島東方大室出し産) の 2 稚魚を図示している. これらの図によれば両者共に胸鰭の先端は尾柄部に達し, その前部の鰭膜はなおひろく, 特に大きい方の個体では最初の 2 鰭条 (萎縮鰭条を除き) は長さがほぼひとしくなりこれを連ねる鰭膜の外縁は深く凹入する. 対鰭はほとんど暗色で大きい方の個体では腹鰭の後縁と外縁のみ淡色となる.

地中海産の *D. rondeleti* に関しては D' ANCONA (1929) が卵と 28 mm までの稚魚について記載している. 上記の西太平洋産の標本はこの地中海産のものに比べて対鰭がやや長いが諸特徴はおおむね一致する. なお地中海産の標本によれば本種の卵は直径 1.4～1.5mm で卵表上には 90～100 個の附着糸を不規則に生ずる. 大西洋産のものについては BREDER (1938) が34～125mm の標本を図示しており POLL (1949) も 106mm のものを記載しているが体長 56mm 内外のものでは背鰭が高くその外縁は凸出した弧状をなし, 且先端に近く広く暗色を呈するのがみられる. 125 mm の個体でも胸鰭前部の鰭膜はなおややひろい.

類縁: 本種にもつとも近いのはオオメオキトビ *D. albimaculatus* (FOWLER) である. このトビウオは Philippine, Marshall 群島などから報告されている外, ABE (1956a) は小笠原群島と Marshall 群島との中間, 15°00′ N 172°30′ E, 28°09′ N 163°31′ W などの太平洋中部及び西部水域で採集されたものについて報告している. 阿部氏によればその頭長 (体長に対する百分比: 25.2) と眼径 (7.6～8.5) とはオキトビよりやや大きく, 胸鰭にはその中央下半部に幅の広い淡色横帯を有する点がオキトビと異る. 背鰭前方の鱗列数, 脊椎骨数などに差異はない.

オキトビとオオメオキトビの幼期はニノジトビウオ *Hirundichthys speculiger* とホソアオトビ *H. oxycephalus* の幼期の如く酷似しているものと思われるが明かな資料が得られていない. ここに記載された幼期の標本においても両者が混同されているおそれがないとは云い難い.

オキトビは成魚はホソアオトビなどに似ており幼期にもやや類似の点があるが, その幼期にはひげ状器官を生じないけれども下顎端が膨出すること, 背鰭がかなり高くその外縁が弧状を呈する時期があること, 体が細く尾部に色胞縦帯が現われること, 胸鰭の前部が特殊の形態を示すことなどトビウオ *Prognichthys sgoo* に類似の点が多くトビウオ類としてはむしろやや原始的なものと思われる.

本種は従来も日本及びシナの沿岸から記録されており岡田, 松原 (1938) もマイトビウオの和名の下に記載している. これは GÜNTHER (1866) が創設したシナ海産の *Exocoetus brachycephalus* にもとずいたもので, 該種は後に *Exocoetus rondeleti* に吸収されたが JORDAN and STARKS (1903) が土崎産の標本にもとずき *Exonautes brachycephalus* (CUNTHER) として記載しているものも, JORDAN, TANAKA and SNYDER (1913) がその A catalogue of the Fishes of Japan のうちにマイトビウオの和名を附し *Cypsilurus brachycephalus* (GÜNTHER) としてかかげている挿図も胸鰭の特徴からみて明かに *D. rondeleti* ではなく *Hirundichthys oxycephalus* (BLEEKER) を表している. 又, 田中はその著書の中でしばしばマイトビウオは

南日本各地に多いと述べ，その特徴として胸鰭の第2鰭条が分岐していない点（最初の萎縮鰭条は従来の諸記載では無視されているのでこれを除いて）をあげているが，これはむしろトビウオ *Prognichthys agoo* (T. et S.)（本種は九州南部，八丈島などでは多量に漁獲される）を指しているのではないかと思われる．真の *D. rondeleti* は沖合性のものでわが国では稀に採集されるのみのものであろう．

特徴：本種の成魚は外観はホソアオトビに似ているが胸鰭条の前部2個（萎縮鰭条を除き）が分岐していないのが明かな特徴となる．

幼期においても背鰭と臀鰭の鰭条数がほぼひとしくその起点がほとんど相対していることはニノジトビウオ属 *Hirundichthys* 属の諸種と同様であるが，胸鰭の前部の形態にみられる特徴は該属とは著しい差異を示す．又，トビウオ属 *Prognichthys* 中のトビウオとは胸鰭と背鰭との形態などに共通の点が多いが，トビウオ幼期にはひげ状器官が発達する点が異る．

生態：日本近海における本種の生態は明かでない．上記の成魚の標本は4月29日に，幼期標本はいずれも7～9月に採集されている．稚仔が沿岸で採集されない点からみて沖合性のトビウオを推定される．

分布：広く世界の熱帯，亜熱帯水域に分布するものとされる．しかし分布の中心はむしろトビウオ類の分布水域としては高緯度にかたよつているのではないかと思われる．

20. *Hirundichthys speculiger* (Valenciennes)

ニノジトビウオ

Plates 49–52; Tables 40, 41

成魚の形態 (Pl. 49, fig. B)：本種は全長24～26 cm，体長19～22 cmに達するやや小型のトビウオ類である．九州南西諸島，台湾東方海域などで採集された成魚6個体の脊椎骨数は45及び46 (28+17, 28+18, 29+17).

これらの標本（♂3+♀3）における鰭条などの数及び各部分の測定値は次に示す通りである．

背鰭条数10又は11，臀鰭条数11又は12，胸鰭条数18又は19（前端の萎縮鰭条を含め），後頭部より背鰭起点に至る正中線上の鱗数31～33，背鰭起点と側線との間の鱗列数5又は6，側線と臀鰭起点との間の鱗列数2，鰓耙数6～8+17～19.

体長に対する百分比：体高15.4～17.2，体幅12.8～14.4，頭長23.5～24.6，吻長6.9～7.9，眼径7.2～7.9，眼後部長10.4～11.3，眼間径7.5～8.0，吻端より腹鰭基底までの距離58.8～60.8，背鰭起点までの距離73.5～75.5，臀鰭起点までの距離72.6～74.6，胸鰭長68.5～72.2，腹鰭長26.9～28.6，最長背鰭条長9.0～10.0，最長臀鰭条長7.7～8.5，背鰭基底長13.4～15.5，臀鰭基底長14.5～15.5，尾柄高6.0～6.7，尾鰭上葉長18.4～19.5，下葉長26.1～27.1.

これらの標本の個体別測定値は Table 40 にかかげる．

Table 40. *Hirundichthys speculiger* (VALENCIENNES)
Measurements and Counts

Serial number Locality & Date collected	KCF 1801 Uotsuri I. 1950-4	KCF 3030 N 23–30 E124–45 1953–6–14	KCF 2990 E. of Miyako I. 1953–6–18	KCF 3013 N 28–50 E130–05 1953–6–24	KCF 3026 N 23–30 E124–45 1953–6–14	KCF 3017 E. of Miyako I. 1953–6–18
Sex	♂	♂	♂	♀	♀	♀
Body length in mm.	194	188	194	204	207	212
Total length in mm.	241	236	243+	254+	259	260+
in per cent of body length :						
Depth of body	15.9	15.4	16.2	17.2	16.2	16.8
Breadth of body	14.7	12.8	14.2	13.9	13.1	14.4
Head length	25.0	24.5	24.4	23.5	23.9	24.6
Snout length	7.5	7.2	7.2	6.9	7.5	7.9
Diameter of eye	7.2	7.5	7.2	7.4	7.7	7.9
Interorbital width	7.7	7.5	8.0	7.8	7.7	7.8
Postorbital length	10.3	10.4	11.3	10.4	10.8	10.7
Distance from snout to :						
Ventral	73.6	73.5	74.3	74.0	73.8	75.5
Dorsal	74.0	73.0	73.7	73.0	72.6	74.6
Anal	60.9	60.0	59.8	58.8	60.4	60.8
Length of pectoral	68.8	70.8	70.6	72.2	68.5	70.8
Length of ventral	25.8	27.2	28.6	27.9	28.1	26.9
Length of the longest dorsal ray	9.0	9.2	9.5	10.0	9.7	9.0
Length of the longest anal ray	14.4	7.7	8.5	8.4	8.5	8.0
Length of dorsal base	8.0	15.5	13.4	14.7	15.5	15.4
Length of anal base	13.9	14.8	15.5	14.9	14.5	15.1
Depth of caudal peduncle	6.4	6.7	6.3	6.1	6.0	—
Length of caudal :						
Upper lobe	19.1	19.4	19.5	—	18.4	19.1
Lower lobe	26.3	26.1	—	—	27.1	—
Number of :						
Dorsal rays	i, 9	i,10	i,10	i,10	i,10	i,10
Anal rays	i,10	i,11	i,11	i,11	i,11	i,11
Pectoral rays (i+n)	i.17	i,17	i,16	i,16	i,17	i,16
Predorsal scales	32	32	31	33	32	33
Scale rows above lateral line	6	6	6	6	5	6
Gill rakers	6+19	8+19	7+19	7+19	5+17?	7+19
Vertebrae	28+17	28+17	28+18	28+18	29+17	28+17

体はホソアオトビ *H. oxycephalus* と同じようにやや細い．腹鰭の位置は眼の中央又はそのやや後部と，尾鰭中央鰭条先端との中間中央にある．多くの個体では胸鰭は尾柄の前部に，腹鰭は臀鰭の後部に達する．臀鰭の起点は背鰭の第2鰭条基底下方又はそれより前方に位置を占める．眼は大きく眼径は吻の水平長より大，両顎には円錐歯をおび口蓋骨にも小円錐歯がみとめられる．

色相：体色は多くのトビウオ類と大差はない．胸鰭は大部分が藍黒色であるが，その中央部に幅の広い淡色の横帯が第3～4鰭条（萎縮鰭条を除き，以下同様）より下方に鰭の後縁に平行にこれを横切り，第13鰭条以下の淡色部に連る．鰭の後縁をふちどる淡色帯はホソアオトビにおけるものより広く，その幅は眼径の半ばに近い．その他の鰭の色相はホソアオトビと同様である．

屋久島，草垣島，奄美大島近海で採集された標本も上記のものと差異はない．

生活史：本種の幼期の標本は九州近海より薩南諸島，奄美諸島近海，更にその南方20°Nに至る台湾東方近海で，体長6.1～110mm（全長7.3～135mm）の36個体が得られた．

仔魚期 (Pls. 49, 50)：体長 6.1 mm (全長 7.3 mm)．すでに卵黄は吸収しつくされており体は細い．吻は尖り頭部の形態はほぼ整つており，体長は頭長の約 4 倍，腹鰭基底は体のほとんど中央に位置を占める．胸鰭の先端は腹鰭基底をわずかに超え，腹鰭の先端は臀鰭の第 3 鰭条基底に達する．鰭条は比較的よく発達しており，胸鰭には 11 個がみとめられ他の各鰭ではすでに定数を数える．尾鰭の先端は丸い．

色胞は後頭部では顕著な一群をなし，その前方，吻の背面にも 4 ～ 5 個散在し，そのうち 1 個は上顎先端に接する．下顎下面にも 2 ～ 3 個があるが下顎端の背方よりみられる位置には存在していない (ホソアオトビとの差異)．体側には尾柄部を除いてひろく散在しており，腹鰭上方では約 4 列を数える．腹面皮下には喉部より肛門にひろがる暗色部がある．鰭上の色胞は胸鰭の前上縁に若干，腹鰭の前部に 2 ～ 3 個，尾鰭に少数が散在している．背鰭と臀鰭とは無色である．

体長 9.6 mm (全長 11.7 mm)．腹鰭の位置は体の中央よりやや後方に移る．胸鰭には 14 鰭条がみとめられる．

頭部の黒色胞は眼前部より前方ではほとんど消失する．体側の黒色胞も腹鰭より前方の背面及び腹側ではみとめられなくなる．しかし尾柄部は色胞におおわれる．胸鰭及び腹鰭上の色胞の分布には大きな変化はない．

稚魚期 (Pls. 50～52)：体長 15.4 mm (全長 18.8 mm)．胸鰭条は 19 個で定数に達している．胸鰭は 6 ～ 7 番目の鰭条が最長で全体は丸く大きなうちわ状をなし，先端は腹鰭基底と背鰭前端との中間中央に達する．腹鰭は臀鰭のほぼ中央に達する．背鰭は臀鰭よりかなり低い．尾鰭は下葉が凸出し，後縁はわずかに叉入する．

頭部では後頭部，鰓蓋などに皮下に埋没した色胞群が存在するが表層の黒色胞は全く退化消失する．軀幹部でも腹鰭より前方では 4 ～ 5 個を留めるのみである．しかし腹鰭より後方では体側中央に沿い黒色胞列が発達し，その上下両側にも大型の黒色胞がならぶ．胸鰭と腹鰭の色胞群はかなりひろがる．側線前部には鱗がみとめられる．

体長 28.0 mm (全長 35.0 mm)．形態はいつそうととのう．眼はホソアオトビに比べれば突出し背面よりみればその外縁はほぼ平行する．胸鰭は背鰭の前部に，腹鰭は臀鰭の後端に達する．胸鰭は前部の鰭条が長くなり第 4 番目のものが最長，最初の鰭条は比較的短いままにとどまり，これと次の第 2 鰭条との間では他の鰭条間に比し鰭膜がややひろい．

黒色胞はふたたび増加し始め，頭部では眼間部より後方の背面，鰓蓋とその下方などをおおうが，それより前方ではなお全くみとめられない．軀幹部の腹鰭より前方でも背面にのみ少数が散在するに至るが体側には未だ全くこれを欠く．胸鰭基底及び腹鰭基底の下方にはそれぞれ顕著な暗色斑が現れる．鰭上の色胞は胸鰭では第 1 鰭条先端に始り鰭の前半外縁のやや内側を走る一弧状帯をなすものと第 2 鰭条以下の外縁をふちどるものがあり，腹鰭では前部外側に大きな暗色斑を形成する．又，背鰭ではその中央部上縁に接して密集し暗色部を形成する．尾鰭下葉上にも多少散在するが臀鰭は全く色胞を持たない．体長 46.5 mm (全長 59.0 mm)．胸鰭は背鰭の後部に，腹鰭は尾柄中央に達する．背鰭はかなり高くなりその最長鰭条長は臀鰭の最長鰭条長の 1.5 倍を測る．胸鰭前部の形態はいつそう特徴的となり，第 2 鰭条長は第 1 鰭条長の 2.2 倍，両鰭条の夾む角は 30° 内外でその間の鰭膜は著しくひろがり外縁凹入して弧状をなす．

頭部の黒色胞は発育とともに後方より前方に向つて増加するが，なお吻の背面，下顎などにはこれを欠く．体側はほぼ黒色胞でおおわれ胸鰭基底後方より体側中央を走るせまい一縦帯が明らかになる．胸鰭では新にその基底附近が暗色をおびるとともに，これと外方の弧状帯との間に別に一弧状帯が加わる．腹鰭も基底附近が暗色をおび，前部の暗色斑は特に濃色を呈するほか後半部にもひろく黒色胞がひろがるが縁辺には達していない．背鰭の外縁は第2～10鰭条にわたつて黒い．尾鰭は基底部と上葉の先端及び下葉の大部分が暗色を呈する．臀鰭には色胞がみとめられない．

体長 70 mm（全長 83 mm）．胸鰭も腹鰭も各期を通じて最長となり先端は共に尾柄の後部に達する．胸鰭の前端の鰭条の先端はやや後方に曲るが次の鰭条との間の鰭膜は未だひろく，特徴的な形態はなおよく発達している．背鰭はやや低くなりその最長鰭条長は臀鰭の最長鰭条長の約 1.2 倍．

吻の背面もひろく黒色胞でおおわれ，上下両顎の先端も暗色をおびるに至る．軀幹部も背面はひろく暗色を呈し腹面は淡色．胸鰭は中央の2弧状帯の間に淡色帯を残すがその他の部分は黒色胞でおおわれ，基底附近，先端部，中央の淡色帯の両側などが濃色を示す．腹鰭も後部の外縁を除いてほとんど黒色胞でおおわれ，各鰭条の間に長卵形の淡色部がわずかに残る．背鰭その他の鰭の色相には大きな変化はない．

体長 105 mm（全長 132 mm）．腹鰭の位置，胸鰭長などは成魚にひとしくなるが，腹鰭はまだかなり長い．胸鰭の最初の2鰭条間の鰭膜もまだ広い．

胸鰭は大部分濃黒色，そのほぼ中央では各鰭条間に楕円形の淡色部が残され，第6鰭条より下方では後縁は色胞を失い淡色を示す．腹鰭も大部分黒色で後部外縁は後方に至るに従い幅広く淡色，背鰭にはその外縁中央になお黒色斑が残存している．尾鰭は上葉の一部を残してほとんど黒色を呈する．

未成魚期（Pl. 52）：体長 155 mm（全長 188 mm）．胸鰭の形態は成魚と同様となるが腹鰭はまだ成魚よりかなり長い．胸鰭の中央淡色横帯の下半部が明瞭となり，後端は成魚と同じく淡色に縁どられる．腹鰭は前半が暗色，背鰭の中央上縁も未だ黒い．

これらの幼期標本の測定値を Table 41 にかかげる．

Table 41. *Hirundichthys speculiger* (VALENCIENNES)
Juvenile
Measurements and Counts

Locality	N 23–10 E126–40	N 22–55 E124–24	N 22–55 E124–24	Yakushima	〃	〃	〃	〃	N 23–30 E124–45
Date collected	1956–5–10	1956–5–11	〃	1950–8–5	1952–5–24	1951–6–22	〃	1950–8–5	1953–6–17
Stage	Post-l	〃	Young	〃	〃	〃	〃	〃	Immature
Body length in mm.	6.1	9.6	15.0	28.0	46.5	70	85	110	155
Total length in mm.	7.3	11.7	18.6	35.0	59.0	88	107	135	188
in per cent of body length:									
Depth of body	21.2	18.5	16.1	15.7	15.5	17.2	16.3	17.2	15.7
Breadth of body	11.8	14.0	14.2	15.2	15.5	15.7	15.7	16.2	15.0
Head length	25.7	26.8	24.8	24.2	24.1	24.3	23.2	22.4	24.3
Snout length	6.8	6.9		6.5	5.8	6.6	6.5	6.7	6.7
Diameter of eye	11.2	10.8	10.5	9.4	9.9	8.6	8.7	7.6	7.7
Postorbital length	11.8	12.4	10.5	11.3	10.8	11.4	—	—	10.8
Interorbital length	11.8	9.0	9.0	—	9.9	10.0	9.3	9.3	10.8

Distance from snout to:									
Ventral	54.0	54.2	53.5	53.8	56.0	55.7	55.8	57.2	59.4
Dorsal	68.2	70.6	67.8	70.0	71.1	72.8	71.0	71.0	72.3
Anal	67.0	70.6	66.6	67.8	68.9	71.5	70.4	71.0	73.0
Pectoral length	18.8	40.8	44.0	52.1	61.7	74.3	72.0	67.5	71.0
Ventral length	17.6	28.0	32.2	33.9	38.8	41.5	38.0	36.2	33.0
Length of the longest dorsal ray	7.6	8.7	11.9	13.1	16.1	12.6	12.6	10.1	10.1
Length of the longest anal ray	10.0	13.8	12.0	10.1	11.8	10.7	11.6	10.5	10.5
Length of dorsal base	18.6	19.7	19.4	18.2	16.1	17.5	17.5	16.0	16.4
Length of anal base	17.1	19.0	19.0	17.6	16.1	16.7	15.7	15.5	14.9
Depth of caudal peduncle	7.1	7.2	6.7	6.7	6.8	6.6	6.4	6.7	5.7
Length of caudal:									
Upper lobe	—	—	15.5	13.1	17.2	17.9	17.4	18.6	20.0
Lower lobe	21.2	23.6	25.6	26.6	30.2	27.5	24.4	27.8	24.5
Number of:									
Dorsal rays	—	12	12	11	11	11	12	11	12
Anal rays	—	12	12	12	11	11	12	13	12
Pectoral rays (i+n)	—	13	17	17	17	18	18	17	17

本種でも多くのトビウオ類のように成長に伴つて腹鰭は後方に移る．胸鰭及び腹鰭は体長60～90mmまでは長さ（比長）を増し，それ以后はかえつて短くなる．胸鰭の最初の2鰭条の間の鰭膜は体長25mm内外よりひろくなり始め35mm内外ではその特徴的な形態がよく発達する．そして105～110mmのものでもなお明かであるが155mmのものではすでに成魚と同様となる．

頭部の黒色胞は最小の体長6.1mmのものでは吻の背面にも散在し，下顎下面にも数個がみとめられるが，その后はこれらの場所からは急速に消失し，体長15mmではひろく頭部の表面にはみとめられなくなる．その後20mm内外からふたたび発達し始め，30mm内外では上顎先端にも2～3個の黒色胞が現れ，48mmでは下顎下面にも数個を生ずるがその先端の背面からみられる位置にはまだ色胞がない．体長56mmでは吻の背面はその中央を除いて色胞が散在し，下顎端にも背方よりその数個をみとめるようになる．

体側横帯を有する個体は少いが，体長25mm内外より大きいものでは胸鰭基底と腹鰭基底の暗色斑の中間にも一暗色斑を有するものがある．胸鰭の弧状帯が2帯となるのは本種では体長45mm内外以后でホソアオトビよりはかなりおくれる．

MUNRO (1954) は New South Wales 沿岸で採集した本種の卵塊を実験室内で孵化し，仔魚の初期の発育を観察している．これによれば卵径1.53～1.87mm，少数の油球を有するが沈性卵で，一端には18～20個の長さ5mmに達する附着糸を有し，反対側の一端には約30個の長さ0.17～0.18mmの短い鉤状（hook-like）の突起を有する．

孵化直后の仔魚は全長4.5mm，頭部の2倍大の卵黄をとどめている．黒色胞と黄色胞が全体に散在し，前者は体側では3列をなし尾部ではきわめて疎，腹鰭の中央に一黄色胞がみとめられる．

全長5.7mmでは胸鰭に17鰭条，背鰭と臀鰭とに各10, 11個の鰭条がみとめられ，胸鰭と腹鰭とは濃密に色胞をおび黒色を呈する．

大西洋の *H. speculiger* については BRUUN (1935) が体長84.6mmのものを記載しているが，その諸特徴はわが国近海産のものとほぼ同様である．

類縁：本種は太平洋及びインド洋産のものも大西洋産のものも同一種とされており，わが国近海産の標本と大西洋（BRUUN, BREDER による）の標本との間にも，後者で胸鰭条数

が 16～20（18 及び 19 のものが大多数）にわたるのを除いては大差はない．なお大西洋では本種の幼期標本は *H. affinis* よりも採集が困難とされている点は，西太平洋における本種とホソアオトビとの関係に一致するものである．

特徴：本属の特徴，本種とこれに近いホソアオトビとの差異については後者の特徴の項に詳述する．

生態・分布：日本近海では鹿児島県とその南西に連る諸列島のうち屋久島，奄美大島，魚釣島附近，その他八丈島附近などで採集されているが成魚は稀，稚魚も 5 ～ 8 月に採集されるがホソアオトビに比べればはるかに少い．しかし 20°N 以南では成魚もふつうにみられる．太平洋，インド洋，大西洋の熱帯部にひろく分布する．

21. *Hirundichthys oxycephalus* (Bleeker)

ホソアオトビ

Plates 1, 53–55; Tables 42, 43

体長 20～22 cm，全長 24～25 cm のものを普通とするやや小型のトビウオ類で，その脊椎骨数は大隅海峡で採集された未成魚 10 尾において 45～47（28＋17，28＋18，29＋17，29＋18，30＋17）．

成魚の形態（Pl. 53, fig. A）：1953 年 6 月台湾東南沖で採集された成魚 5 個体（2 ♂＋3 ♀）における鰭条などの数及び各部分の測定値は次に示す通りである．

背鰭条数 10 又は 11，臀鰭条数 10～12，胸鰭条数（前端の萎縮鰭条を含め）16～18；後頭部より背鰭起点に至る正中線上の鱗数 32～34，背鰭起点と側線との間の鱗列数 6 又は 7，鰓耙数 7 ～ 8 ＋22～23．

体長に対する百分比：体高 15.3～17.6，体幅 13.7～14.7，頭長 23.9～24.2，吻長 7.4～7.8，眼径 6.9～7.4，眼間径 7.5～7.8，眼後部長 10.0～10.9，吻端より腹鰭起点までの距離 58.5～60.8，背鰭起点までの距離 73.5～76.6，臀鰭起点までの距離 74.7～76.8，胸鰭長 62.5～68.5，腹鰭長 21.3～28.6，背鰭最長鰭条長 7.2～7.8，臀鰭最長鰭条長 6.5～7.1，背鰭基底長 13.9～14.1，臀鰭基底長 12.5～14.8，尾柄高 5.8～6.8．

これらの各標本の個体別測定値は Table 42 にかかげる．

Table 42. *Hirundichthys oxycephalus* (Bleeker)
Measurements and Counts

Serial number	KCF 2985	KCF 2996	KCF 2999	KCF 3029	KCF 3071
Locality &	N 23–30	〃	〃	〃	〃
Date collected	E124–45 1953–6–14	〃	〃	〃	〃
Sex	♂	♂	♀	♀	♀
Body length in mm.	184	187	200	194	216
Total length in mm.	230	234	246	246	272
in per cent of body length:					
Depth of body	17.6	16.6	16.5	17.0	15.3
Breadth of body	14.7	14.2	14.0	13.7	13.7
Head length	23.9	24.2	23.5	23.7	24.1
Snout length	—	7.8	7.5	7.5	7.4
Diameter of eye	—	7.4	7.0	6.7	6.9
Interorbital width	7.6	7.8	7.5	7.5	7.6
Postorbital length	10.9	10.7	10.0	10.3	10.4

Distance from snout to:					
Ventral	60.8	60.0	60.0	58.5	60.2
Dorsal	76.6	73.5	74.4	74.5	73.7
Anal	76.8	74.9	75.0	74.7	75.5
Length of pectoral	68.5	64.2	65.0	66.0	62.5
Length of ventral	28.6	26.2	25.0	25.8	21.3
Length of the longest dorsal ray	—	7.8	7.7	7.2	—
Length of the longest anal ray	7.1	7.0	6.5	7.0	6.8
Length of dorsal base	13.9	14.1	14.0	13.9	13.9
Length of anal base	12.5	14.8	13.0	13.4	12.6
Depth of caudal peduncle	6.8	6.7	6.5	6.2	5.8
Length of caudal:					
Upper lobe	—	19.7	19.0	20.1	—
Lower lobe	—	25.7	26.5	28.9	21.8
Number of:					
Dorsal rays	i, 9	i,10	i,10	i,10	10
Anal rays	i,10	i,11	i,10	i,10	i, 9
Pectoral rays (i+n)	i,14	i,14	i,15	i,15	i,15
Predorsal scales	33	32	34	—	—
Scale rows above lateral line	6	7	6	—	6
Gill rakers	7+23	7+22	8+22	—	—
Vertebrae	28+18	29+18	28+17	—	—

体は多くのトビウオ類よりはやや細い．腹鰭基底と尾鰭中央鰭条後端との距離は前者と眼の中央又はその後部との距離にひとしい．多くの個体では胸鰭の先端は背鰭の後部に，腹鰭の先端は臀鰭の中央，或いはそのやや後方に達する．臀鰭の起点は背鰭の第2鰭条基底下，若しくはそのやや前方にあり，個体によつては背鰭より前方に始つている．眼径は吻の水平長にほぼひとしい．両顎には小さな円錐歯をおびるが口蓋骨には歯がない．

色相：体色は多くのトビウオ類と同様である．胸鰭は大部分暗褐色であるが下方の第13，14鰭条（前端の萎縮鰭条を含まず，以下同様）以下は淡色で，この淡色の部分は上方に延び次第に狭まりつつ第7，8鰭条下に達し輪郭の不明瞭な三角形の斑紋をなしている．鰭の先端より後縁に沿つても淡色で，この淡色縁は鰭の先端及び第8，9鰭条以下では他の部分よりやや幅広いがそのもつとも広いところでも瞳孔径よりは狭い．腹鰭の第1～5鰭条は先端を除き色胞をおびるが鰭膜はほとんど淡色である．背鰭はやや暗色，尾鰭も黒褐色をおびるが臀鰭は無色である．新鮮時にはこれらの鰭は紺色をおびる．

屋久島及び草垣島附近，沖縄北部で採集されたものも上記の諸標本と大差はない．

生活史：本種の稚仔の標本は主として鹿児島県南西諸島，奄美群島周辺の海域，薩摩半島沿岸，長崎県五島列島沿岸などできわめて多数採集されている．体長100～150mmの未成魚も屋久島附近で約130個体が採集されている．

仔魚期（Pl. 53）：採集し得た最小の標本は体長6.8mm（全長8.2mm）である．この標本では卵黄は吸収しつくされ，背鰭，臀鰭，腹鰭は定数の鰭条を持つが胸鰭条は12個のみが明らかである．吻端はまだ丸みをおびており頭長は成魚よりもやや長い．腹鰭は体の中央より多少前方に位置を占める．胸鰭は腹鰭基底をわずかに超え，腹鰭は臀鰭前端に達する．臀鰭は背鰭より著しく高く前者の最長鰭条は後者の最長鰭条の約2倍．尾鰭後縁は円く未だ上下相称である．

固定されたものでは体はほとんど乳白色で頭部も軀幹部も黒色胞でおおわれるが尾柄部にはみとめられない．腹鰭の上方体側では黒色胞は4～5列をなしている．鰓蓋の下部と腹面には皮下に埋没した色胞群がある．頭部の黒色胞は後頭部に集合して大きな暗色斑を

なし，その前方眼間部より吻にかけても散在している．下顎前端にも背方から 2 ～ 3 個がみとめられる．胸鰭の前上縁及び腹鰭の下縁に沿つても黒色胞が発達している．尾鰭にも少数が散在するが背鰭及び臀鰭には全くみとめられない．

体長 9.6 mm（全長 11.7 mm）．胸鰭条数はなお 12，腹鰭の位置は体の中央よりやや後方に移り，その先端は臀鰭の第 3 鰭条基底に達する．尾鰭の下葉が伸び始め後縁はほぼ截形となる．

頭部の黒色胞は吻の背面では数個を残すのみであるが上顎端及び下顎端（背方よりみて）にはなお 3 ～ 4 個がみとめられる．体側の黒色胞は腹鰭基底より臀鰭上方にかけてその中央に一縦線を形成し，尾柄上にも散在するに至る．鰭上の黒色胞群は腹鰭上ではかなりひろがるがその他の鰭では大きな変化はない．

稚魚期（Pls. 54, 55）：体長 14.3 mm（全長 18.0 mm）．胸鰭条数は 15 個を数える．その第 5, 6 番目の鰭条がもつとも長くて全体は円みをおび，後端は腹鰭基底よりもかなり後方に達する．腹鰭は第 3 番目の鰭条が最長で後縁は円みをおび先端は臀鰭の中央を超える．背鰭と臀鰭とは高さがひとしくなる．

頭部の黒色胞は減少し後頭部と鰓蓋部との皮下に埋在するものの外は，頭頂，眼後部及び上下両顎の先端に僅数を残すのみである．体の前部側面より腹側にかけての黒色胞もほとんど消失する．胸鰭と腹鰭との外縁に沿う色胞は内方に向つてかなりひろがる．

体長 23.6 mm（全長 31.2 mm）．胸鰭の先端は背鰭の前端に，腹鰭の先端は尾柄の前部に達する．尾鰭下葉は長くなり後縁は叉入する．側線前部及び体側前方には鱗が出現する．

頭部の黒色胞はその後部ではやや増加するが吻の背面には全く存在せず上下両顎端に各々 3 ～ 4 個をみとめる．体側では胸鰭基底下方と腹鰭基底附近及び両者の中間中央の腹側に黒色胞群が出現する．体側中央の縦帯は尾柄に達し，背鰭と臀鰭との間ではその上下両側にも色胞が増加する．胸鰭上の黒色胞は外縁に近く一弧状帯をなし，腹鰭では前部外側に一暗色斑をなす．背鰭の第 2 ～ 6 鰭条にかけてもその上縁に黒色胞が散在する．尾鰭も下葉はかなり暗色をおびる．

体長 34.5 mm（全長 43.0 mm）．胸鰭は第 3 鰭条がもつとも長く背鰭の第 3 鰭条の基底に達する．第 1 鰭条と第 2 鰭条の長さの差が著しくなり，後者は前者の 2.3 倍．両鰭条のはさむ角はそれより後方の諸鰭条のはさむ角より甚だしくひろく，その間の鰭膜はひろがりその上縁は深く凹入している．腹鰭の先端は尾柄の中央に達し各期を通じてもつとも長い．背鰭は臀鰭よりやや高くなる．鱗はひろく体側をおおう．

頭部の黒色胞は増加をつづけ吻の背面も中央を除いて暗色をおびる．体側中央を走る暗色縦線の下方には，肛門上方と臀鰭基底の中央上方にも色胞群を生じ，前方の 3 色胞群と共に 5 横帯をなす．胸鰭では基底部が暗色を呈し，これと鰭の外縁に近い弧状帯との中間に一弧状帯が加わり，更に外縁も暗色にふちどられる．腹鰭も外縁に到るまでひろく暗色をおび，前部下方では特に濃色を呈する．背鰭はその中央の外縁に近い半分は暗色，臀鰭はひきつづき淡色，尾鰭は基底部，上葉先端，下葉の後半部などが暗色である．

体長 62.0 mm（全長 78.5 mm）．腹鰭の位置は成魚とほぼひとしくなる．胸鰭は背鰭の中央に達する．その第 1 鰭条の先端はやや後方に曲り第 2 鰭条に近ずくが，両鰭条のはさむ角は未だかなり大きい．腹鰭はやや短くなり臀鰭後部に達するのみ．

体の背面は暗色となり吻の背面，下顎端なども全く色胞でおおわれる．体側下部の諸横帯はほとんど消失する．胸鰭では基底の暗色部はひろがつて最内側の弧状帯に連りひろい暗色部をなし，外側の暗色帯は鰭条の伸長とともにほぼ鰭の中央に位置を占めるようになり，鰭の外縁はひろく暗色にふちどられる．腹鰭も前部鰭条間に楕円形の淡色部を残して全体が暗色となり前部は特に濃色を示す．背鰭もその上半部が黒い．尾鰭は基底部，上葉の先端，下葉の大部分が暗色を呈する．臀鰭のみはひきつづき淡色．

体長 78.0 mm（全長 96.0 mm）．胸鰭の第 1 鰭条の先端は第 2 鰭条に接するが両鰭条の間にはまだかなり鰭膜が残されている．胸鰭中央の暗色帯もひろがり外方は縁辺の暗色部に連り，淡色の部分はわずかに鰭の中央部の鰭条の間に数個の楕円形の小斑紋として残るのみである．腹鰭はその外縁より次第に褐色し始める．

未成魚期（Pl. 55）：体長 100～130 mm（全長 130～170 mm）に達したものは体型はほとんど成魚と同様となり，胸鰭前部の幼期の特徴も全く失われる．腹鰭も成魚と同じく第 2 鰭条が最長となり先端は臀鰭の中央に達する．胸鰭は外縁に至るまで黒く最下方の 2～3 鰭条間のみ淡色，この部分から上方に次第にせばまりつつ第 10～11 鰭条に達する不明瞭な三角形の淡色部が発達し始める．腹鰭は前半部が暗色，背鰭の中央上縁も暗色をおびる．尾鰭は一様に黒褐色となる．

これらの幼期の標本のうち 9 個体の個体別測定値を Table 43 に示す．

Table 43. *Hirundichthys oxycephalus* (Bleeker)
Juvenile
Measurements and Counts

Locality	Makura-zaki	〃	〃	〃	Yaku I.	〃	〃	〃	〃
Date collected	1952–7 –10	〃	〃	〃	1951–7 –22	1950–8 –5	1951–10 –12	〃	〃
Stage	Post-l	〃	Young	〃	〃	〃	〃	〃	Imma-ture
Body length in mm.	6.8	9.6	14.3	23.6	34.5	48.0	79	105	143
Total length in mm.	8.2	11.7	18.0	31.2	43.0	60.0	101	130	178+
in per cent of body length:									
Depth of body	16.2	16.7	14.7	15.7	15.1	15.0	14.6	15.7	16.1
Breadth of body	—	—	—	15.0	14.5	16.6	15.2	14.3	15.0
Head length	25.0	26.1	24.5	25.4	24.3	22.9	24.1	22.8	24.1
Snout length	—	—	—	—	5.2	6.3	6.4	6.5	7.0
Diameter of eye	8.8	9.4	11.2	9.8	8.7	8.9	8.8	7.6	6.4
Postorbital length	—	—	—	—	9.0	9.2	9.9	9.7	10.0
Interorbital width	—	—	—	—	8.6	9.1	8.7	8.4	8.1
Distance from snout to:									
Ventral	47.0	53.2	53.0	55.1	53.2	57.5	59.4	56.6	58.1
Dorsal	67.5	69.8	69.2	74.6	69.6	70.9	72.0	72.3	74.1
Anal	66.2	69.8	68.5	72.1	96.6	71.5	72.0	73.4	74.1
Pectoral length	30.9	33.4	35.7	50.8	56.5	62.5	67.8	64.7	65.6
Ventral length	16.2	21.9	26.6	36.5	39.2	31.9	36.7	30.5	27.3
Length of the longest dorsal ray	7.4	8.3	9.1	—	12.2	11.7	10.2	—	7.7
Length of the longest anal ray	13.2	13.5	10.5	—	10.1	10.4	10.8	7.6	7.7
Length of dorsal base	19.1	17.7	18.2	17.4	17.4	16.2	16.1	15.4	14.0
Length of anal base	20.6	18.8	20.3	17.8	17.4	15.8	15.2	14.3	13.6
Depth of caudal peduncle	6.9	7.3	5.6	6.4	6.7	7.9	6.3	6.7	7.0
Length of caudal:									
Upper lobe	—	—	—	15.4	19.3	14.8+	18.4	18.6	19.6
Lower lobe	20.4	19.8	—	28.2	30.2	26.4	27.2	25.7	25+
Number of:									
Dorsal rays	10	10	10	11	11	11	11	10	10
Anal rays	12	11	12	11	11	12	12	12	10
Pectoral rays (i+n)	12	14	15	15	15	15	16	15	16

本種でも腹鰭は幼期の始めには比較的前方にあるが，成長と共に後方に移り体長 60 mm に達すると成魚と同様の位置を占めるに至る．胸鰭は体長 60～100 mm までは次第に長さ（比長）を増し未成魚期に入ればかえつてやや短くなる．腹鰭は 40～50 mm までは長さを増し胸鰭長の 2/3 に達するが，それ以后は次第に短くなり成魚では 2/5 内外を示す．胸鰭前部の形態が特徴的になり始めるのは体長 25～30 mm で，35～60 mm でもつとも著しく 70～80 mm で退化し始め 90～100 mm のものでは成魚とほぼ同様となる．

頭部の黒色胞は体長 7～8 mm までは比較的よく発達しており，吻の背面においても上顎端に至るまで散在し，下顎先端にも背方から 2～3 個をみとめることができる．しかしこれらは次第に消失し，稚魚期に入つたものでは吻の表面にはほとんどなくなり，上顎先端と下顎先端とに各々 3～4 個が存在するのみとなる．かくして体長 30 mm に至るがその后ふたたび吻の背面両側に現れ始め，中央に向つてひろがり 45 mm 以上のものではその全面をおおう．胸鰭の暗色弧状帯は約 30 mm で内外 2 帯とも明らかになる．

後述するように大西洋産の *Hirundichthys affinis* (Günther) は本種とほとんど共通の特徴を備えており，亜種を異にする程度のものではないかと目されるが，その卵については Bruun (1935) 及び Breder (1938) の記載があり Hubbs and Kampa (1946) はこれを次のようにまとめている．すなわち卵径 1.50～1.67 mm，一端より 7～12 個の太くて長い附着糸を生じ，反対側の端には 12～21 個の短い糸状突起を持つという．九州南方近海でも 5～8 月には魚釣島附近，沖縄本島附近，種子ケ島東方などのカジキ漁場でしばしばこれに類似の卵塊が延縄に附着して採集される (Pl. 1, fig. H)．卵径 1.48～1.66 mm (固定后)，一端には 10～25 個の長さ 0.15 mm 以下のきわめて短い糸状突起を持ち，反対側の一端より 9～18 個の長さ 4 mm 内外に達する附着糸を出す (10 個の卵による)．前者は游離しているが後者は絡み合つて太いひも状を呈しこれによつて枝縄などに巻きついている．これらの卵塊はおそらく本種のものと推定されるが未だ確かめられていない．

類縁：わが国近海からは本種はすでにしばしばマイトビウオの和名で記載されている．すなわち Jordan and Starks (1903, 107 mm の個体による)，及び Jordan and Hubbs (1925, 74 mm の個体による) のマイトビウオ *Exonautes brachycephalus* (Günther) はいずれも本種の大型の稚魚と推定され，Jordan, Tanaka and Snyder (1913) の図示しているマイトビウオ *Cypsilurus brachycephalus* も本種の未成魚であろう．又，Nakamura (1934) が *C. brachycephalus* として記載している全長 8.7 mm の稚仔も本種の仔魚と同定される．

大西洋の *Hirundichthys affinis* (Günther) は成魚において本種とほとんど同様の特徴を備えるのみでなく，幼期の諸形態においても，又その発現消失の時期においても本種ときわめてよく似ている (Bruun, 1935, Breder, 1938 による)．ただ *H. affinis* では体長 46～97 mm に達して胸鰭の暗色の部分がひろがるに当つて，その下方後縁に近く広く輪郭の明らかな淡色部を残すが，このような状態は本種ではみられない．しかしいずれにしてもこれらの両種はきわめて近いもので前者は後者の一亜種とすべきものと思われる．Abe (1956a) は *H. affinis* を以て *H. oxycephalus* の synonym としている．

特徴：北西太西洋の本属のトビウオ類としてあげられるのは本種と ニノジトビウオ *H. speculiger* との 2 種である．成魚ではこの両者の差異は胸鰭の斑紋に明らかにみられるの

で判別は困難ではない．すなわち本種では胸鰭の大部分が暗色であるのに対して，ニノジトビウオではその中央をよこぎる明瞭な輪郭を持つ幅広い淡色横帯と後端に沿う淡色縁を有するのが特徴である．

幼期には各期を通じてきわめてよく似ており両者を分つことは容易ではない．しかし吻の背面，下顎端などの黒色胞の分布，胸鰭の幼期形態が消失する時期などには差異がやや判然とみとめられる．

すなわち頭部の黒色胞分布については両者ともに仔魚期の始め体長 7～8 mm までは吻の背面，上下両顎などに黒色胞が散在しているが，10mm 前后のものではほとんど退化消失して時に数個を留めるのみとなり，やや成長してからふたたび出現した色胞におおわれるに至る．この間を通じホソアオトビでは下顎先端上面には常に少くとも 2～3 個の黒色胞が散在し背方からみとめ得るに対し，ニノジトビウオでは体長 40mm 以上に達するまでは下顎先端の背方からみとめ得る位置には黒色胞は出現しない．

又胸鰭の幼期形態の発現期についてはその前端 2 鰭条間の鰭膜がひろがるのは両者ともに体長 25mm 内外であるがホソアオトビでは 80mm 内外ではこの特徴はすでに不明瞭となるのに対し，ニノジトビウオでは 100mm 以上に達してもなお明瞭にみとめられる．

そのほか体長 45～65 mm においてはホソアオトビでは腹鰭は外縁に至るまで暗色を呈するに対し，ニノジトビウオでは後方では暗色部が外縁に達しないことも両者の差異のひとつとしてあげられる．

生態・分布：本種の稚仔は九州南海では 4～10 月に多い．全長 20mm 内外以后は集魚灯に群来し外洋ではもつともふつうの稚魚のひとつである．しかし日中沿岸の潮目などで採集された例はない．多数の未成魚が主として 9～11 月屋久島近海のサバ漁船の集魚灯に集りタモ網などで採集されている．

成魚は九州沿岸ではほとんどみられず筆者は屋久島附近，草垣島附近，沖繩本島北部などで 4 個体を採集し得たのみである．しかし台湾東部以南には少くない．

太平洋，インド洋の熱帯水域，暖流域に分布するものとされる．

文　献

LITERATURE CITED

ABE, T.

1953 Note on the flying-fishes of Hachijo Island, with nomenclatorial remarks on the flying-fishes of the Mainland of Japan and Hokkaido. I. "Tobi-uo", *Prognichthys agoo*, Rec. Oceanogr. Works Japan. n. s., 1(1), pp. 115–123, fig. 1.

1953 Figures and Descriptions of the Fishes of Japan, 49, pp. 961–974, pls. 191–192.

1954a Note on the flying-fishes of Hachijo Island, with nomenclatorial remarks on the flying-fishes of Mainland of Japan and Hokkaido. II. *Cypselurs pinnatibarbatus japonicus* (with additional notes on *Prognichthys agoo*), Jap, Jour. Ichth., 3(3–6), pp. 193–199, 209–222.

1954b Figures and Descriptions of the Fishes of Japan, 50, pp. 986–996, pls. 196, 197.

1955a On a new Pacific flying-fish, *Prognichthys sealei*, retaining five unbranched fin-rays above in the pectoral throughout life. Rec. Oceanogr, Works Iapan. n. s., 2(1) pp. 185–192, figs. 1–3.

1955b Figures and Desciptions of the Fishes of Japan, 51, pp. 1013–1035, pls. 202–204.
1956a Ibid., 52, pp. 1049–1072, pls. 208–211.
1956b Ibid., 54, pp. 1095–1113, pls. 217–219.
1956c Ibid., 55, pp. 1115–1127, pls. 220, 221.
1957 Ibid., 56, pp. 1141–1147, pl. 225.

BARNHART, P. S.
1936 Marine fishes of southern California. Univ. Calif. Press, Berkeley, iv+209, pp. 290 figs.
1942 Notes on the habits, eggs, and young of some fishes of southern California. Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. Calif., Techn. Ser., 3, pp. 87–99, figs. 1–11.

BEEBE, W. J. TEE-VAN
1932 New Bermuda Fishes, including six new species and forty-three species hitherto unrecorded from Bermuda. Zooligica, Sci. Contr. New York Zool Soc. 13(5), 109–120.

BENNETT, E. T.
1831 Characters of new genera and species of fishes from the Atlantic coast of northern Africa, presented by Captain BELCHER, R. N. Proc. Committee Sci. and Corresp., Zool. Soc. London, pt. 1, 1830–31, pp. 145–148.

BLEEKER, P.
1886 Atlas ichthyologique des Indes Orientales Neerlandaises. Exocoetiformes, 6, pp. 67–78, pls. 247–251.
1866 Sur les especes d'Exocet de l'Inde Archipelagique, Nederl. Tijdsch. Dierk., 3, pp. 105–129.

BOESEMAN, M.
1947 Revision of the fishes collected by BURGER and von SIEBOLD in Japan, Zool. Mededeelingen, 28, pp. 1–242, pls. 1–5.

BREDER, C. M. Jr.
1927 Scientific results of the first Oceanographic Expedition of the "Pawnee" 1925, Fishes. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., I(1), pp. 1–90, figs. 1–36.
1928 Scientific results of the second Oceanographic Expedition of the "Pawnee" 1926, Nematognathi, Apodes, Isospondyli, Synentognathi and Thoracostraci from Panama to Lower California with a generic analysis of the Exocoetidae. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 2(2), pp. 1–25, figs. 1–10.
1932 On the habits and development of certain Atlantic Synentognathi, Carn. Inst. Wash., Publ., 435, pp. 1–35, figs. 1–10 pls. 1–12.
1938 A contribution to the life histories of Atlantic Ocean flyingfishes, Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 6(5), pp. 1–126, figs. 1–47.

BREDER, C. M., JR. and J. T. NICHOLS
1930a West Indian forms of the flyingfish, genus *Cypselurns*, with the descriptions of a new species. Amer. Mus. Novitates, 419, 9 pp. 5 figs.
1930b Remarks on the flying fish genus *Ptenonotus*, Copeia, 1930 (3), p. 89.
1934 On the significance of vertebral counts in exocoetid taxonomy, Proc. Biol. Soc. Wash., 47; pp. 37–44, fig. 1.

BREDER, C. M. JR. and P. RASQUIN
1952 The sloughing of the melanic area of the dorsal fin, an ontogenic process in *Tylosulus raphidoma*. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 99, pp. 1–24.
1954 The nature of post-larval transformation in *Tylosurus acus* (*Lacepede*), Zoologica, New York Zool. Soc., 39(1), pp. 17–29, 1 pl.

BRUNN, A. F.
1933 On the value of the number of vertebrae in the classification of the Exocoetidae, Vidensk. Medd. Dansk. Naturh. Foren., 94, pp. 375–384.
1934 Notes on the Linnean type-specimens of flying-fishes (Exocoetidae). Jour. Linn. Soc. London, 39, pp. 133–135.

1935 Flying-fishes (Exocoetidae) of the Atlantic, Systematic and biological studies, Dana-Report (The Carlsberg Foundation's Oceanographical Expedition round the World 1928-30 and Previous "Dana" Expedition), 6, pp. 1–106, figs. 1–30, pls. 1–7.

1937 Notes sur les types des Exocets decrits par CUVIER et VALENCIENNES. Bull. Mus. Hist. Nat. Paris, (2) 9, pp. 180–187.

BUDD, P. L.

1940 Development of eggs and larvae of six California fishes. Calif. Div. Fish and Game, Fish Bull., 56, pp. 1–50, pls. 1–13.

CHU, Y. T.

1931 Index Piscium Sinensium. Biol. Bull. St. John's Univ., Shanghai, China, 1, iv+291 pp. 1 pl.

CLARK, H. W.

1936 The Templeton Croker Expedition of the California Academy of Science, 1932. Proc. California Acad. Sci., 21(29), pp. 383–396.

D'ANCONA, U.

1929 Note di ittiologica mediterranea, 1. —Stadi giovanili e uova di *Exocoetus*. Pubb. Staz. Zool. Napoli, 9, pp. 203–211.

1931, 33 Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei. Fauna e Flora Golfo di Napoli, Monogr. 38, 1–176 pp., 11 pls., 166 figs., 1931; 177–384 pp., 67 figs, 1933.

DAY, F.

1875–88 The Fishes of India; being a natural history of the fishes known to inhabit the seas and fresh-waters of India, Burma, and Ceylon. 778 pp., 198 pls., London.

DELSMAN, H. C.

1924 Fish eggs and larvae from Java sea. Treubia, 5. pp. 408-418.

DUNCKER, G. and E. MOHR.

1926 Die Fische der Sudsee-Expedition der Hamburgischen Wissenschaftlichen Stiftung 1908–12, Teil 2. Mitteil. Zool. Staatinst. u. Zool. Mus. Hamburg, 42, pp. 126–136, 10 figs.

EHRENBAUM, E.

1904 Eier und Larven von Fischen mit festsitzenden Eiern. Wiss. Meeresunt., Abt. Helgoland, 6, pp. 128–200, pls. 1–16.

FAGE, L.

1910 Recherches sur les stades pelagiques de querques Teleosteens de la Mer de Nice (Parages de Monaco) et du Golfo du Lion. Ann. Inst. oceanogr. Paris, 1(7), pp. 1–53, figs. 1–39, pl. 1.

FOWLER, H. W.

1928 The Fishes of Oceania. Mem, Bernice P. Bishop Mus., 10, iii+540 pp. 49 pls.

1931 The Fishes of Oceania, Supplement I. Mem, Bernice P. Bishop Mus., 11(5) pp. 313–381.

1932 A synopsis of the fishes of China, Part IV. The cats, lizard-fishes, green gars, half-beaks and flying-fishes. Hong Kong Naturalist, 3, pp. 247–279, figs. 1–22.

1934 Description of new fishes obtained 1907 to 1910, chiefly in the Philippine Island and adjacent seas. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 85, pp. 233–367.

1934 The Fishes of Oceania, Supplement 2. Mem. Bernice P. Bishop Mus., 11(6) pp. 1–84.

1944 Results of the fifth Vanderbilt Expedition (1441), The fishes. Acad. Nat. Sci. Phila, Monogr. 6, pp. 57–529.

1949 The Fishes of Oceania, Supplement 3., Mem. Bernice P. Bishop Mus., 12(2), pp. 1–152.

FRANZ, V.

1910 Die japanische Knochenfische der Sammlungen HABERER und DOFLEIN,

Beitrage zur Naturgeschichte Ostasiens. Abhandlunger der Math-phys. Klasee der K. Bayer. Akademie der Wissenschaften. 4, Suppl.-Bd. 1, pp. 1–135, pl. 11.

GILTAY, L.

1933 Resultats scientifiques du voyage aux Indes Orientales Neerlandaises de LL. AA. RR. le Prince et la Princesse Léopold de Belgique, Poissons. Mem. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg. (hors sér.), 5 (3), pp. 1–129, figs. 1–29.

GUDGER, E. W.

1937 Sargasso weed fish nest made by flying fishes not by sargasso fishes (Antennariids), a historical survey. Amer. Nat., 71, pp. 363–381.

GÜNTHER, A.

1860 Catalogue of the Physostomi containing the families Salmonidae, Percoqsidae, Galaxidae, Mormyridae, Gymnarchidae, Esocidae, Umbridae, Scombresocidae, Cyprinodontidae in the collection of the British Museum. Catalogue of the fishes in the Brit. Mus., 6, xv+368 pp.

1899 Report on the pelagic fishes collected by H. M. S. Challenger during the years 1837–76. Rept. Sci. Res. Voy. H. M. S. Challenger 1873–76, Zool. 31 (78), pp. 1–47, pls. 1–6.

1904 ANDREW GARETT's Fische der Südsee -III. Jour. Mus. Godeffroy, 6, pp. 261–388, pls. 141–160.

HÄCKEL, E.

1855 Über die Eier der Scomberesoces. Arch. Anat. und. Phisiol, pp. 23–31, 5 pls.

HERRE, A. W.

1936 Fishes in the Crane Pacific Expedition. Field Mus. Nat. Hist. Zool Ser., 26, pp. 1–472.

HILDEBRAND, S. F. and I. E. CABLE

1930 Development and life history of fourteen teleostian fishes at Beaufort, N. C. Bull. U. S. Bur. Fish., 46, pp. 383–488, figs. 1–101.

HILDEBRAND, S. F.

1946 A descriptive catalog of the shore fishes of Peru. Bull. U. S. Nat Mus., 189, pp. 1–530, figs. 1–95.

堀田秀之・小川 達

1955 海区別カツオの食餌組成について. 東北海区水研研究報告, 4, pp. 62–88.

今井貞彦

1950 トビウオ類の研究, Ⅰ. カツオ・マグロ類の天然餌料となるトビウォ類の稚魚について. 鹿児島水産専門学校研究報告, 1(1), pp. 137–147, figs. 1–5.

1952 トビウオ類の研究, Ⅱ. 日本産 *Prognichthys* 属のトビウオとその幼期. 鹿児島大学水産学部紀要, 2(1), pp. 141–148, fig. 1, pl. 1.

1954 トビウオ類の研究, Ⅲ. 日本産 *Hirundichthys* 属のトビウオとその幼期. 鹿大水産学部紀要, 3(2), pp. 62–72, figs. 1–8.

1955a トビウオ類の研究, Ⅳ. ウチダトビウオ *Cypselutus naresii* (GÜNTHER) とその幼期, 鹿大水産学部規要, 4(1), pp. 97–104, figs. 1–4.

1955b 対馬暖流海域の稚魚速報, 薩南海域のトビウオ類. 対馬暖流開発調査研究報告, 2, pp. 23–54, figs. 1–57.

1956 日本産トビウオ類の特徴と検索. 鹿大水産学部規要, 5(1), pp. 91–102.

INABA, D.

1931 On some teleostian eggs and larvae found in Mutsu Bay. Rec. Oceanogr. Works Japan, 3(2), pp. 53–62, pl. 11.

JENKINS, O. P.

1903 Report on collections of fishes made in the Hawaiian Islands, with descriptions of new species. Bull. U. S. Fish. Comm., 1902, pp. 417–511.

JORDAN, D. S. and B. W. EVERMANN

1896 The Fishes of North and Middle America: Part I. Bull. U. S. Nat Mus., 47 (1), ix+1240 pp.

1905 The aquatic resources of the Hawaiian Islands, Part 1, the shore fishes. Bull. U. S. Fish Comm., 23(1), pp. 1–574, pls. 1–73.

1903 Note on a collection of the fishes from the Island of Formasa. Proc. U. S. Nat. Mus., 25, pp. 315–369.

JORDAN, D. S. and C. L. HUBBS.
1925 Record of fishes obtained by DAVID STARR JORDAN in Japan, 1922. Mem. Carneg. Mus., 10 (2), pp. 93–346. 8 pls.

JORDAN, D. S. and S. E. MEEK
1885 A review of the American species of flying fishes (*Exoceotus*). Proc. U. S. Nat. Mus., 8, pp. 44–67.

JORDAN. D. S, and R. E. RICHARDSON
1907 Fishes from Islands of Philippine Archipelago. Bull. Bur. Fish., 27, pp. 235–295.
1909 A Catalogue of the fishes of the Island of Formosa, or Taiwan besed on the collection of Dr. HANS SAUTER. Mem. Carneg. Mus., 4(4), pp. 159–204, 17 pls.

JORDAN, D. S. and A. SEALE
1905 The Fishes of Samoa. Bull. U. S. Bur. Fish., pp. 173–455.
1905 Fishes of the Island of Luzon and Panay. Bull. Bur. Fish., 26, pp. 1–48.

JORDAN, D. S. and E. C. STARKS
1903 A review of the Synentognathus fishes of Japan. Proc. U. S. Nat, Mus., 26, pp. 525–544, figs. 1–3.
1907 Notes on the fishes from the islands of Santa Catalina, California. I. proc. U. S. Nat. Mus., 32. pp. 67–77, figs. 1–8.

JORDAN, E. K.
1925 Note on the fishes of Hawaii with description of six new species. Proc. U. S. Nat. Mus., 66, pp. 1–42.

鹿児島大学水産学部
1955a 敬天丸実習調査報告書，コラル海に於けるマグロ延縄操業調査，自昭和29年10月28日至昭和30年1月28日．pp. 1–247.
1955b 敬天丸実習調査資料，ニューギネヤ北部海域，自昭和30年6月11日至昭和30年7月18日．pp. 1–33.
1955c かごしま丸実習報告書，自昭和30年6月14日至昭和30年8月2日．pp. 1–25.
1956 かごしま丸南方鮪漁業実習報告，自昭和30年6月20日至昭和30年8月2日．pp. 1–130.

鹿児島県熊毛水産指導所
1953 熊毛海区飛魚漁業調査報告書，1953年度．54 pp.
1954 同上，1954年度．44 pp.
1955 同上，1955年度．54 pp.

金森政治・田ノ上豊隆
1948 熊毛地方に於けるトビ魚漁業．大隅熊毛開発資料叢書，3，水産編，鹿児島県大隅熊毛開発調査会，pp. 12–26.

松原喜代松
1955 魚類の形態と検索-I．石崎書店，xi+789 pp.

MCCULLOCH, A. R.
1911 Report on the fishes obtained by the F. I. S. "Endeavour" on the coast of New South Wales, Victoria, South Australia and Tasmania. Part I. Biol. Research, Endeavour, 1(1), pp. 1–89.
1922 The Fishes of New South Wales. Australian Zoological Handbook-I. xvi+104 pp., 43 pls.

MILLER, D. J.
1952 Notes on the embryology and behavior of the flying-fishes (*Cypselurus*) off the coast of Southern and Baja California. Calif. Fish and Game, 38(4), pp. 549–555.

湊 勝美
1952 宮の浦地区を中心とした飛魚類．5 pp.

MUNRO, I. S. R.
1954 Eggs and larvae of the four-winged flying fish, *Hirundichthys speculiger* (VALENCIENNES). Aust. Jour. Mar. Freshew. Res., 5(1), pp. 64–69. 1 pl.

中村秀也
1935 小湊附近に現れたる磯魚幼期(その 8). 養殖会誌, 5(3. 4) pp. 35–44, figs. 44, 45.

NICHOLS. J. T. and C. M. BREDER JR.
1928 An annoted list of the Synentognathi with remarks on their development and relationship collected by the Arcturus. Zoologica, 8, pp. 423–448, figs. 156–176.
1930 A key to the Atlantic species of the genus *Cypselurus*, with a new flying-fish from the Cleveland Museum's "Blossom" Expedition. Amer, Mus. Novitates, 428 pp. 1–8, figs. 1–4.
1932 A new "two-winged" fiying-fish from Mauritius. Amer. Mus. Novitates 561, pp. 1–12, fig. 1.

岡田弥一郎・松原喜代松
1938 日本産魚類検索. 三省堂, xi+584 pp. 112 pls.

岡田弥一郎・内田恵太郎. 松原喜代松
1935 日本魚類図説. 三省堂, iv+425+46 pp., 166 pls.

PETERS, W.
1877 Über eine neue merkwürdige Art von fliegenden Fischen, *Exocoetus cirriger*, aus China und einen neuen Muraeniden, *Opichthys bitaeniatus*, aus Mombas. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin (phys. -naturw. kl.) 1877, pp. 555–556, 1 pl.

PIETSCHMANN, V.
1930 Remarks on Pacific fishes. Bernice P. Bishop Mus. Bull., 73, pp. 1–24, figs. 1–4, pls. 1–4.

POLL, M.
1949 Resultats scientifique des croisieres du Navire-Ecole Belge "Mercator" 4, Poissons. Mem Inst. Bay. Sci Nat. Belgigue, Deusieme serie, 4 (33), pp. 173–269.

RAMASWAMI NAYUDU, M.
1923 A note on the eggs and early embryonic development of *Cypsilurus*, appended to HORNELL (1923). Mardras Fish. Dept. Bull., 15 (Fish. Repts. 1922, No. 4) pp. 109–112, figs. 1–3.

REGAN, C. T.
1911 The Classification of the Teleostian fishes of the order Synentognathi. Ann. Mag. Nat. Hist., 8(7), pp. 327–335.

ROULE, L. and F. ANGEL
1921 Notice preliminaire (II) sur les larves et les alvins de Poissons recueillis par S. A. S. le Prince de Monaco dans ses croisieres de 1896 a 1901 (inclus). Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, 397, pp. 1–8.
1930 Larves et alvins de poissons provenant des croiseres du Prince Albert Ier de Monaco. Res. Camp. Sci. Monaco, 79, pp. 1–148, pls. 1–6.

SCHLESINGER, G.
1909 Zur Physiologie und Ethologie der Scombresociden. Ver. Zool.-Bot. Ges., Wien, 59. pp. 302–339.

SCHULTZ, L. P.
1943 Fishes of the Phoenix and Solomon Islands collected in 1939 during the expedition of the U. S. S. "Buchnell". U. S. Nat. Mus. Bull., 180. p. 52.

SCHULTZ, L. P. and Colaborates.
1953 Fishes of the Marshall and Mariana Islands -1. Bull. U. S. Nat. Mus., 202., xxxi+685 pp., 74 pls.

SEALE, A.
1935 The Templeton Croker Expedition to western Polynesian and Melanesian Islands, 1933, no. 27, Fishes. Proc. Calif. Acad. Sci., 21(27), pp. 337–338, 4 pls.

白野夏雲
1883 驫海魚譜. 2 vols. 33, pp. 732 figs, 81 pp. 279 figs.
SMITH, J. L. B.
1949 The sea fishes of southern Africa. Central New Agency, Cape Town, xvi+550 pp., 105 pls.
SYDER, J. O.
1904 A catalogue of the shore fishes collected by the steamer Albatross about the Hawaiian Island in 1902. Bull U. S. Fish Comm. 22, pp. 513–538 18 pls.
STEINDACHNER, F. and L. DÖDERLEIN
1887 Beitrage zur Kentniss der Fische Japans, 4. Denksch. math.-nat. k. Ak. Wiss. Wien, 53, pp. 257–296, pls. 1–4.
SUEHIRO, Y.
1942 A study on the digestive system and feeding habit of fishes. Jap. Jour. Zool. 10(1), pp. 1–303, pls. 1–15.
TANAKA, S.
1913 Figures and Descirptions of the Fishes of Japan, 12. pp. 194–214, pls. 56–60; Ibi d., 13. pp. 215–230, pls. 61–65..
東京都水産試験場
1956 伊豆諸島近海におけるハマトビウオの生態について. 第1報 海況の変動と漁況との関係. 東京都水産試験場調査研究要報, 6, pp. 3–43.
塚原 博・塩川 司
1957 天草におけるトビウオ類の研究. 第2報 バショウトビウオ *Parexocoetus mento* (C. et V.) の生態・生活史. 九大農学部学芸雑誌, 16(2), pp. 275–286, figs. 1–12.
塚原 博・塩川 司・稲尾 正
1957a 天草におけるトビウオ類の研究. 第3報 *Cypselurus* 属3種の生態・生活史. 九大農学部学芸雑誌, 16(2), pp. 287–302, figs, 13–15.
1957b 天草におけるトビウオ類の研究. 第4報 *Cypselurus* 属3種の生態・生活史. 九大農学部学芸雑誌, 16(2), pp. 303–311, figs. 16–24.
内田恵太郎
1930 サヨリの生活史. 日本学術協会報告, 6, pp. 555–560.
1937 魚類の浮游幼期に見られる浮泛機構について. 科学, 7(13), pp. 541–556, (14) pp. 591–595.
内田恵太郎・今井貞彦・外
1958 日本産魚類の稚魚期の研究. 第1集 九州大学農学部水産学第二教室, viii + 89 pp. 86 pls.
上野雅正・中原官太郎
1955 アリアケトビウオの人工授精孵化と仔魚飼育. 九大農学部学芸雑誌, 15(1), pp. 87–94, figs. 1–4.
宇井縫蔵
1929 紀州魚譜. 高橋南益社, 288+45 pp., 3 pls.
WEBER, M.
1913 Die Fische der Siboga-Expedite. xii+710 pp., 12 pls.
WEBER, M. and L. F. de BEAUFORT
1922 The Fishes of Indo-Australian Archipelago, 4. E.J. Brill, London, xiii+410 pp.
WHITLEY, G. P.
1937 Studies in Ichthyology, 10, Rec. Austral. Mus., 20 (1), pp. 6–24, 2 pls.
藪田洋一
1953 マグロ・カジキ類の胃内容物. 南海区水産研究所業績集, 1 (15), pp. 1–6.
山木渡太郎・西岡丑三
1947 サヨリ幼生の飼育について. 生物, 2(5), pp. 136–140.
ZUGMEYER, E.
1911 Poissons provenant des campagnes du yacht Princesse-Alice (1901–1910). Res. Camp. Sci. Monaco, 35, pp. 1–174, pls. 1–6.

Studies on the Life Histories of the Flying-Fishes found in the Adjacent Waters of Japan-II

Plates 42–55

Plate 42.

Prognichthys agoo (TEMMINCK et SCHLEGEL) トビウオ-1

Fig. A Adult, 255 mm long, Makurazaki.

Figs. B-F: Reared larvae

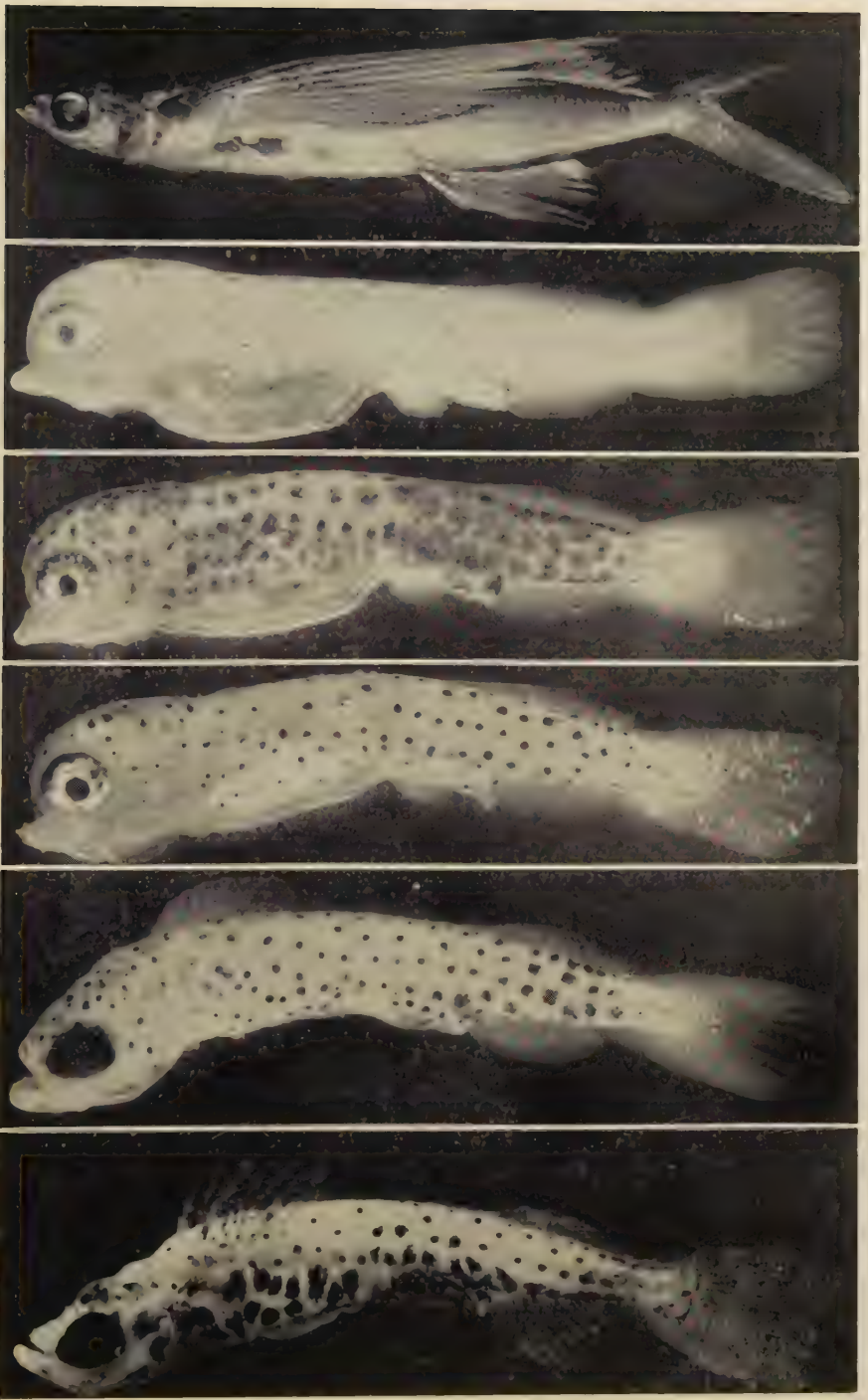
Fig. B Newly hatched larva, 4.2 mm long.

Fig. C 10 hours-larva, 4.5 mm long.

Fig. D 20 hours-larva, 4.4 mm long.

Fig. E 3 days-larva, 4.9 mm long.

Fig. F 7 days-larva, 5.1 mm long.


A
B
C
D
E
F

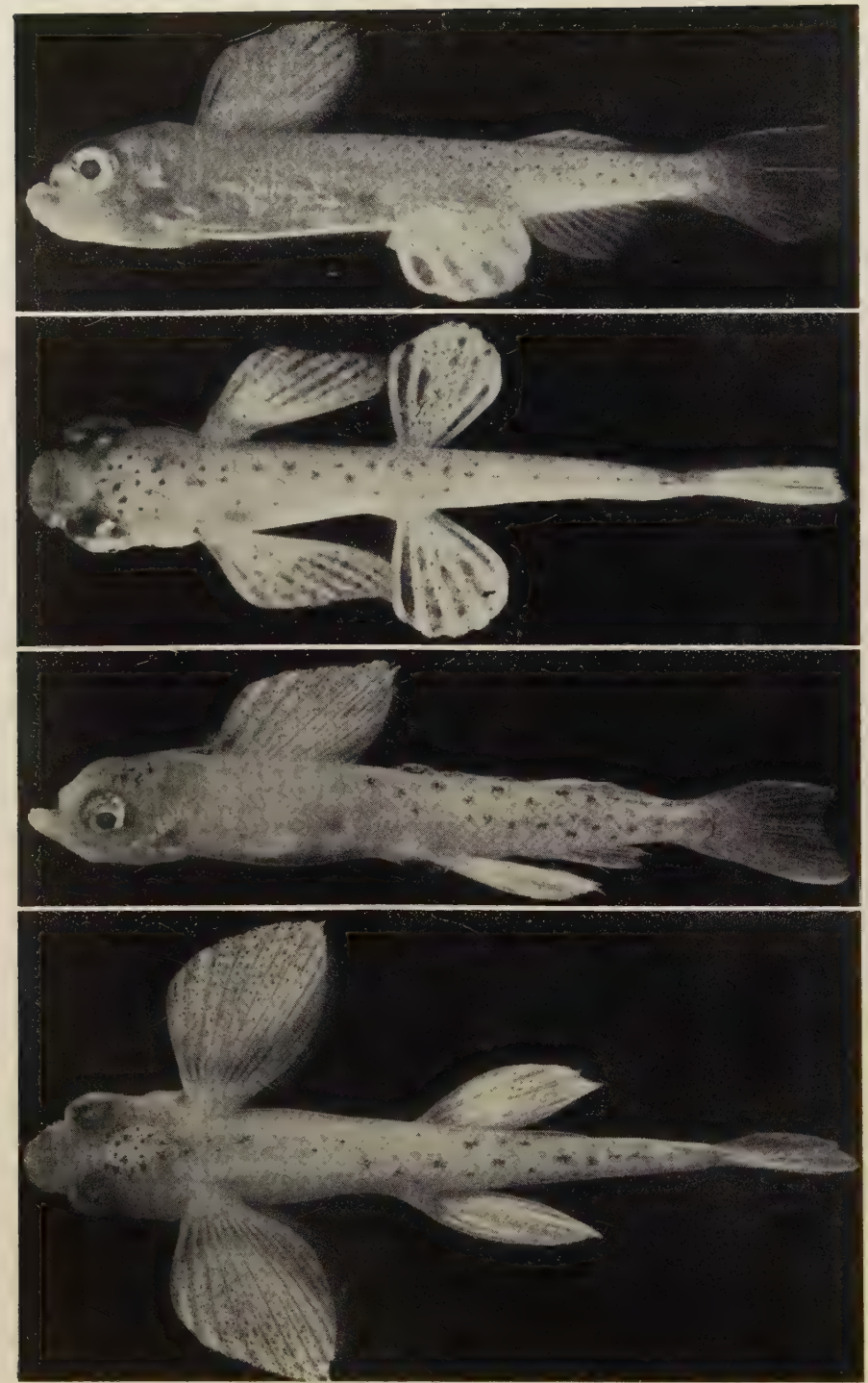


Plate 43.

Prognichthys agoo (T. et S) トビウオ–II

Reared larvae

Figs. A, B 2 weeks-larva, 10.5 mm long.
Figs. C, D 3 weeks-larva, 13.3 mm long.

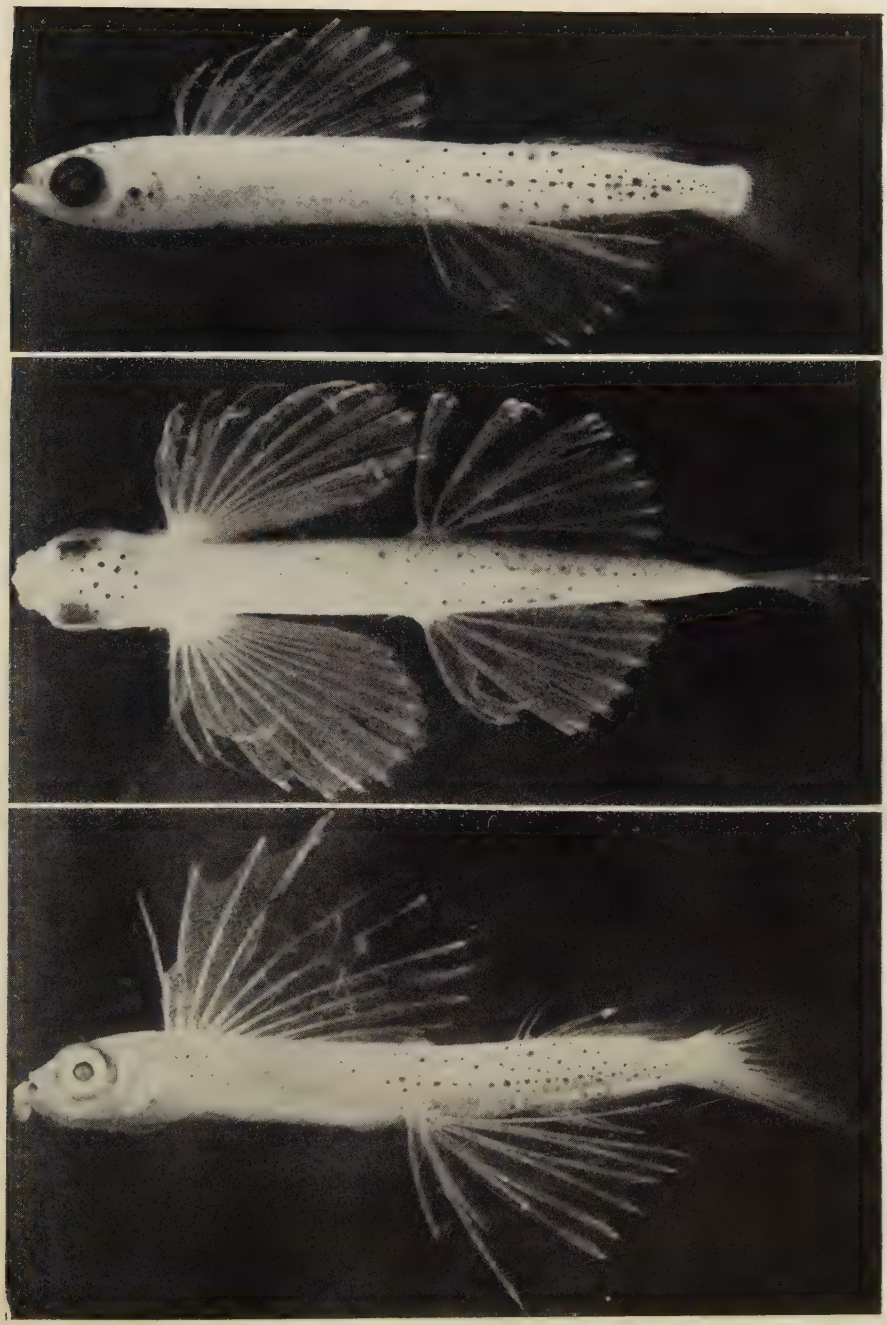


Plate 44.

Prognichthys agoo (T et S.) トビウオ–III

Figs. A, B Young, 20.4 mm long, 27°42′ N 128°42′E.

Fig. C Young 25.6 mm long, Koshiki-jima.

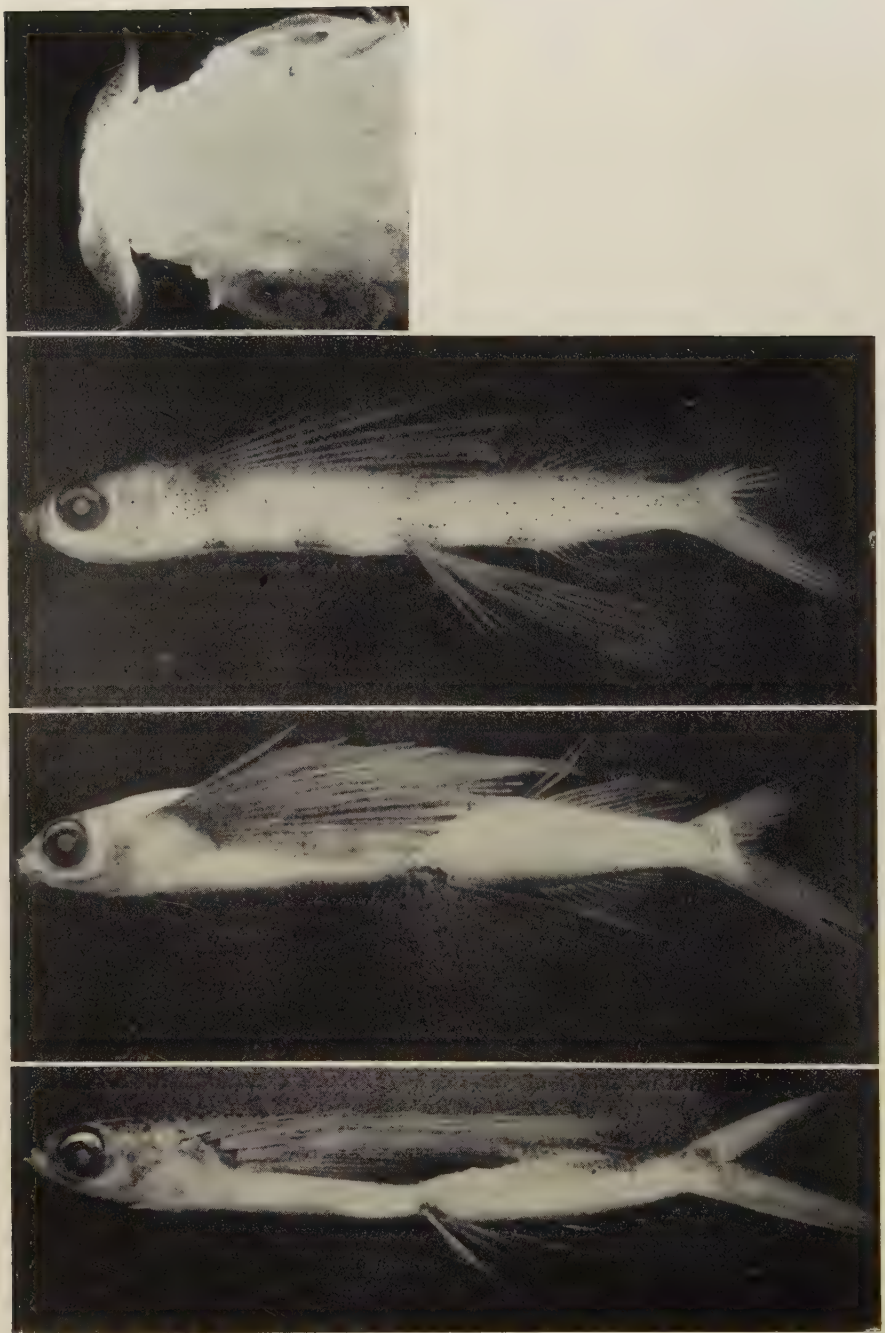


Plate 45.

Prognichthys agoo (T. et S.) トビウオ–IV

Fig. A Yonng, 25.6 mm long, barbel.
Fig. B Young, 42.0 mm long, Yaku-shima.
Fig. C Young, 85 mm long, Yaku-shima.
Fig. D Immature, 179 mm long, east of Formosa.

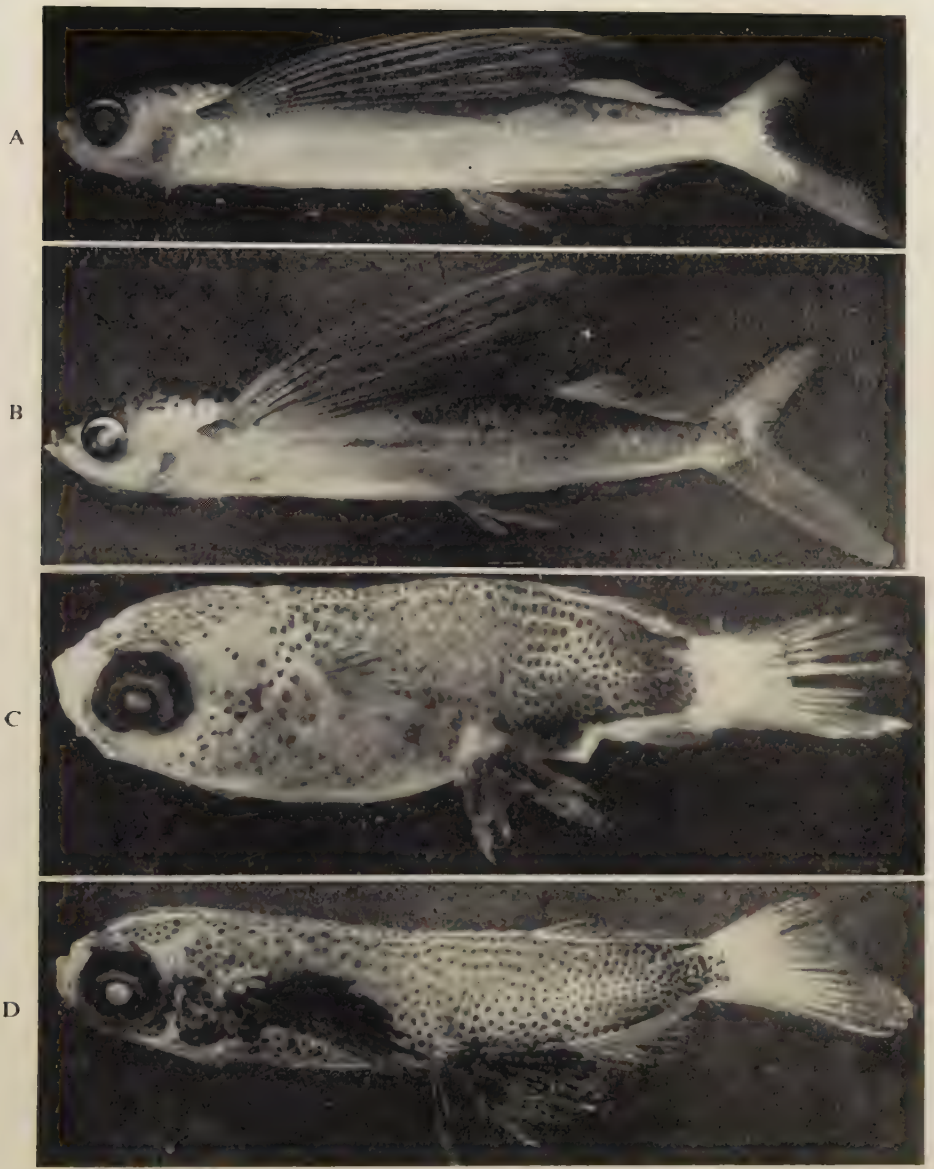


Plate 46.

Prognichthys zaca (SEALE) ザカトビウオ–I
Prognichthys sealei ABE ダルマトビ

Fig. A *Prognichthys zaca*, adult, 141.5 mm long, Uotsuri-jima.
Fig. B *Prognichthys sealei*, adult, 187 mm long, 4°21′N 134°29′E.
Fig. C *P. zaca*, post-larva, 5.5 mm long, 22°24′N 125°10′E.
Fig. D *P. zaca*, post-larva, 10.5 mm long, 27°29′N 130°59′E.

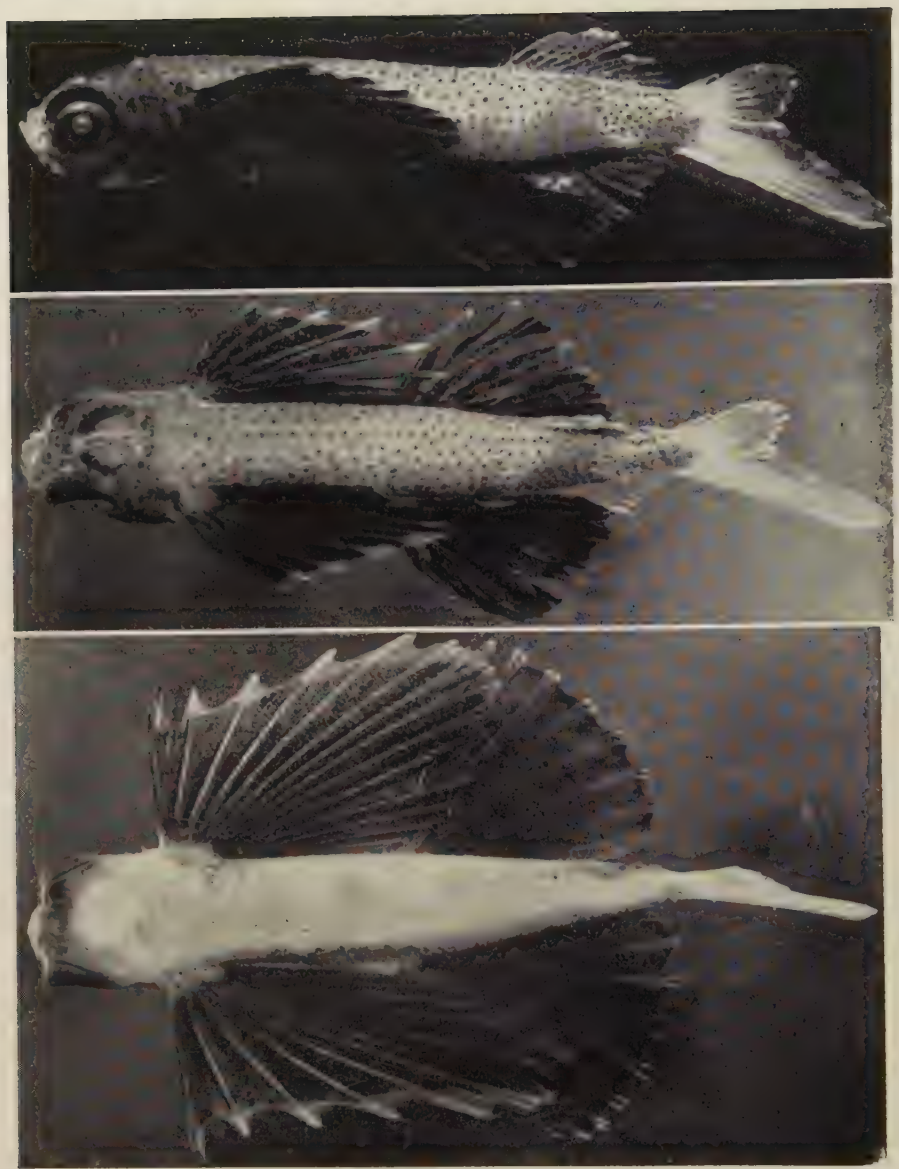


Plate 47.

Prognichthys zaca (SEALE) ザカトビウオ–II

Figs. A, B Post-larva, 15.5 mm long, Yamakawa.
Fig. C Young, 26.8 mm long, 22°55′N 124°24′E

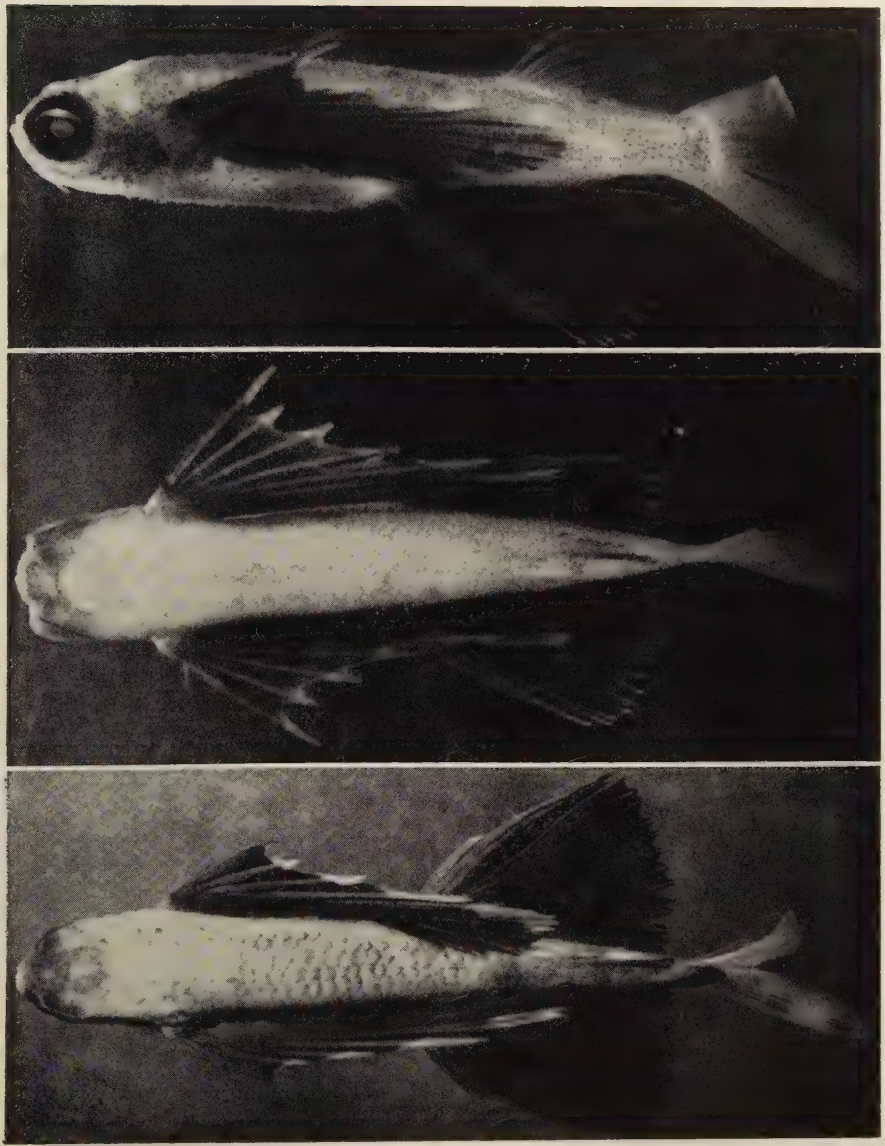


Plate 48.

Prognichthys zaca (SEALE) ザカトビウオ-III

Figs. A, B Young, 36.0 mm long, Yaku-shima.
Fig. C Young, 59 mm long, Yaku-shima.

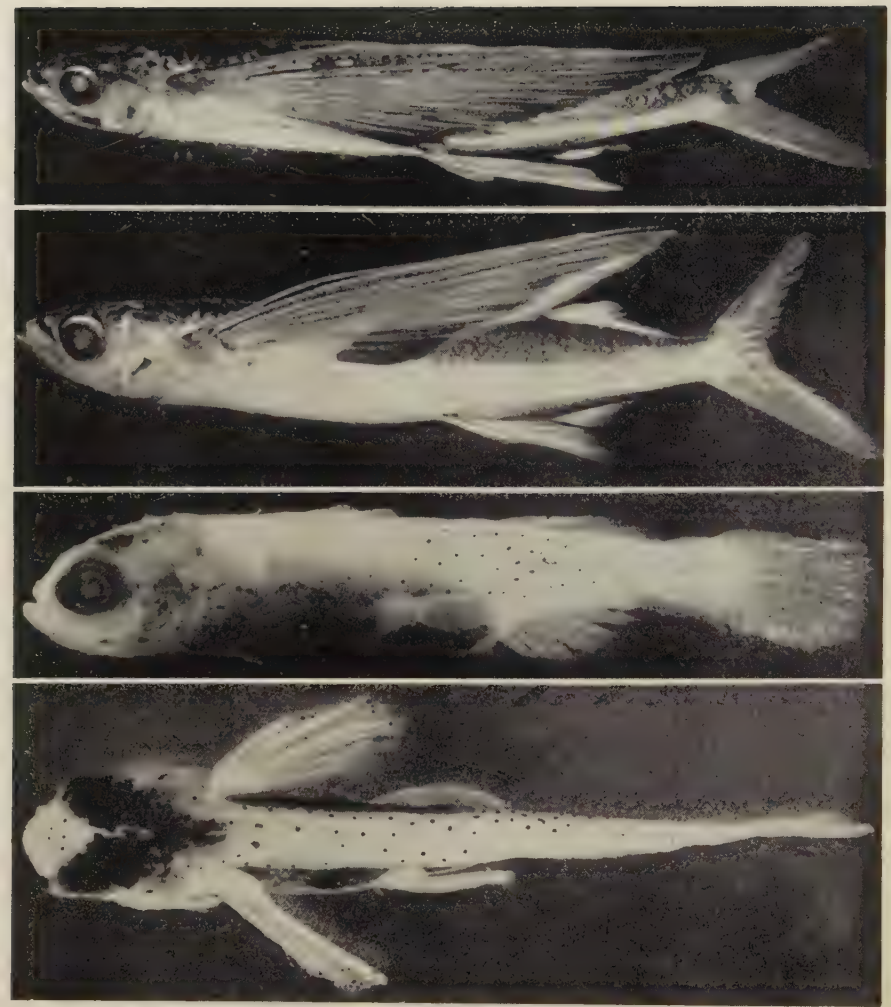


Plate 49.

Danichthys rondeleti (VALENCIENNES) オキトビ
Hirundichthys speculiger (VALENCIENNES) ニノジトビウオ-1

Fig. A *Danichthys rondeleti*, adult, 243 mm long, Swanose-jima.
Fig. B *Hirundichthys speculiger*, adult, 194 mm long, Uotsuri-jima.
Figs. C, D *H. speculiger*, post-larva, 6.1 mm long, 23°10′N 126°40′E.

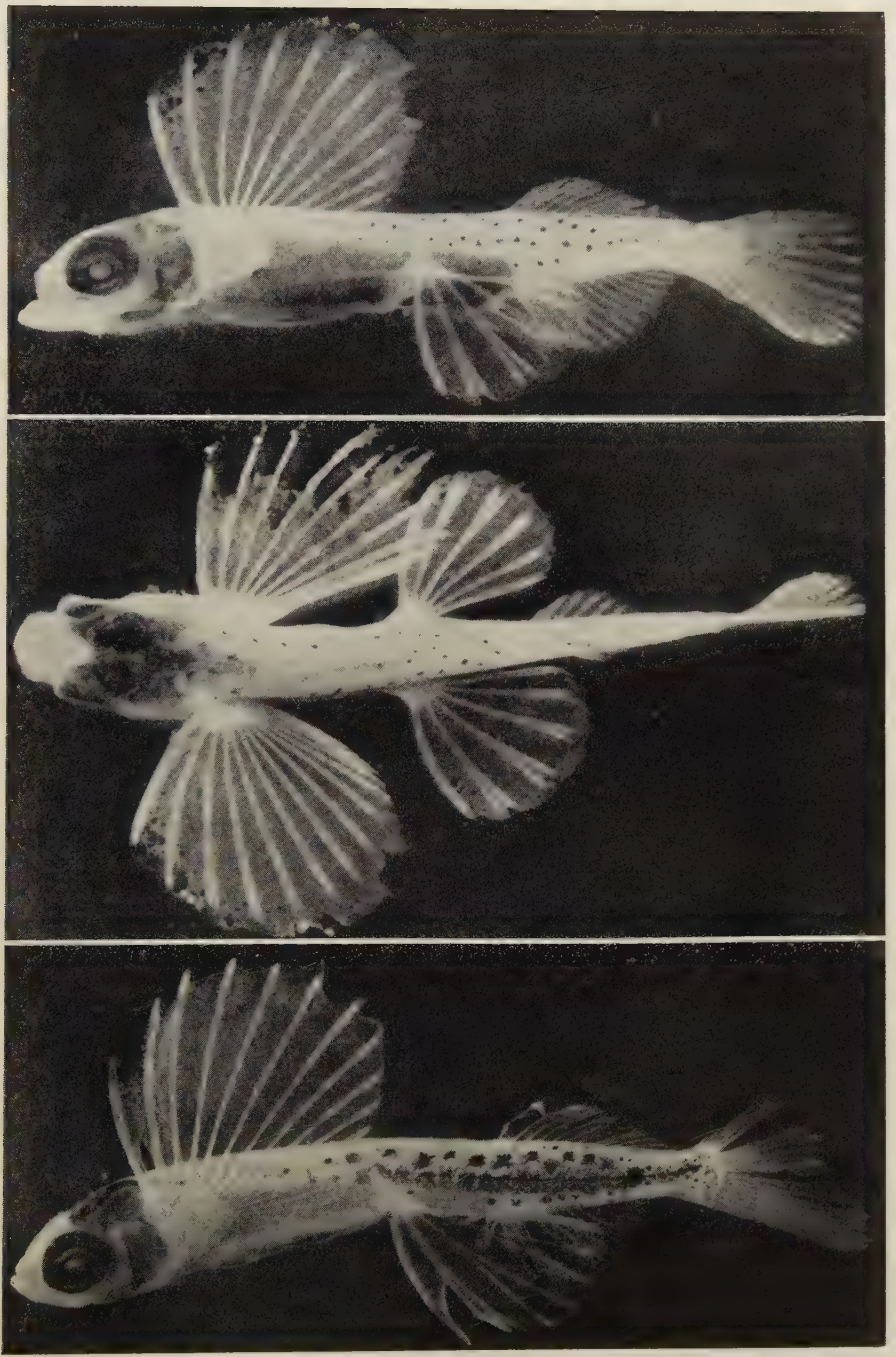


Plate 50.

Hirundichthys speculiger (VALENCIENNES) ニノジトビウオ-II

Figs. A, B Post-larva. 9.6 mm long, 22°55′N 124°24′E.
Fig. C Young, 15.0 mm long, 22°55′N 124°24′E.

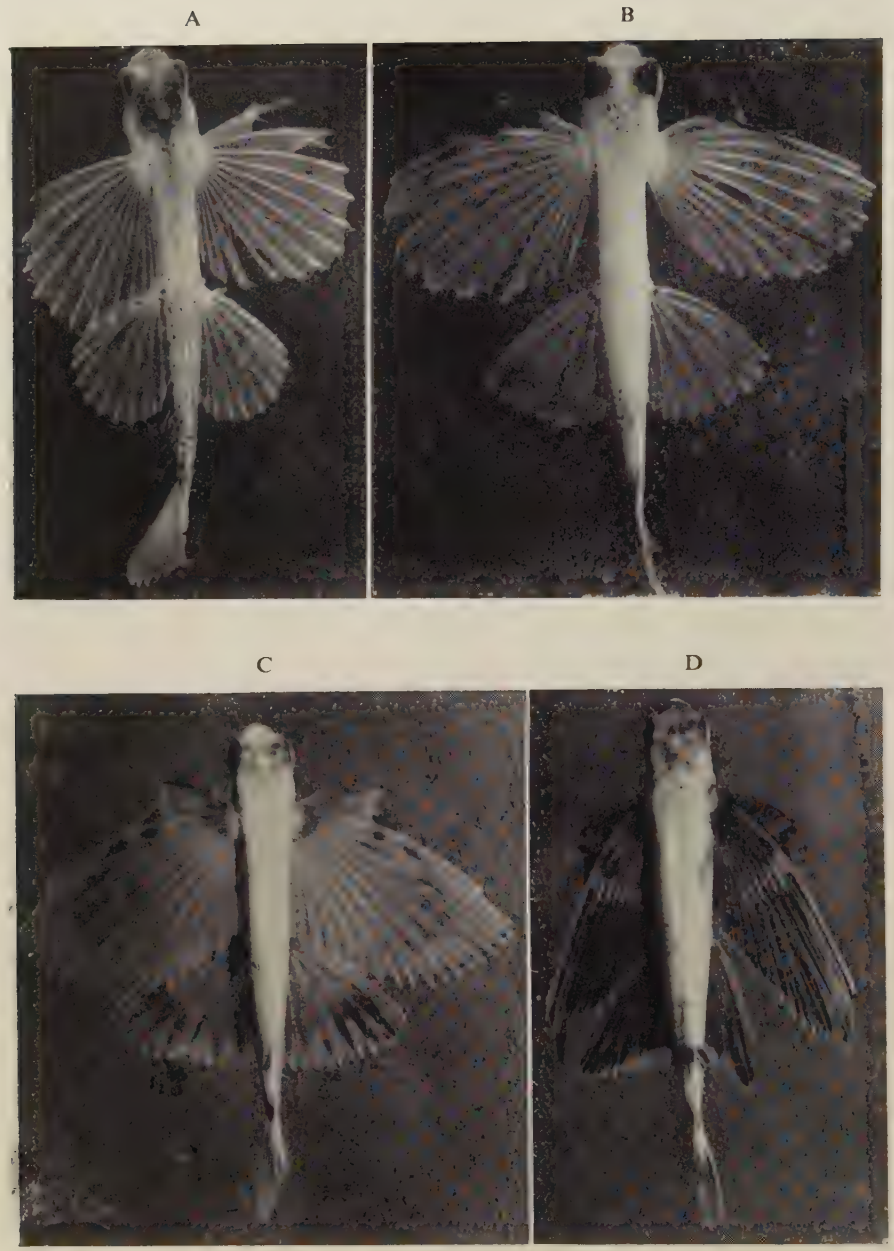


Plate 51.

Hirundichthys speculiger (VALENCIENNES) ニノジトビウオ-III

Fig. A Young, 15.0 mm long, Yaku-shima.
Fig. B Young, 28.0 mm long, Yaku-shima.
Fig. C Young, 46.5 mm long, Yaku-shima.
Fig. D Young, 70 mm long, Yaku-shima.

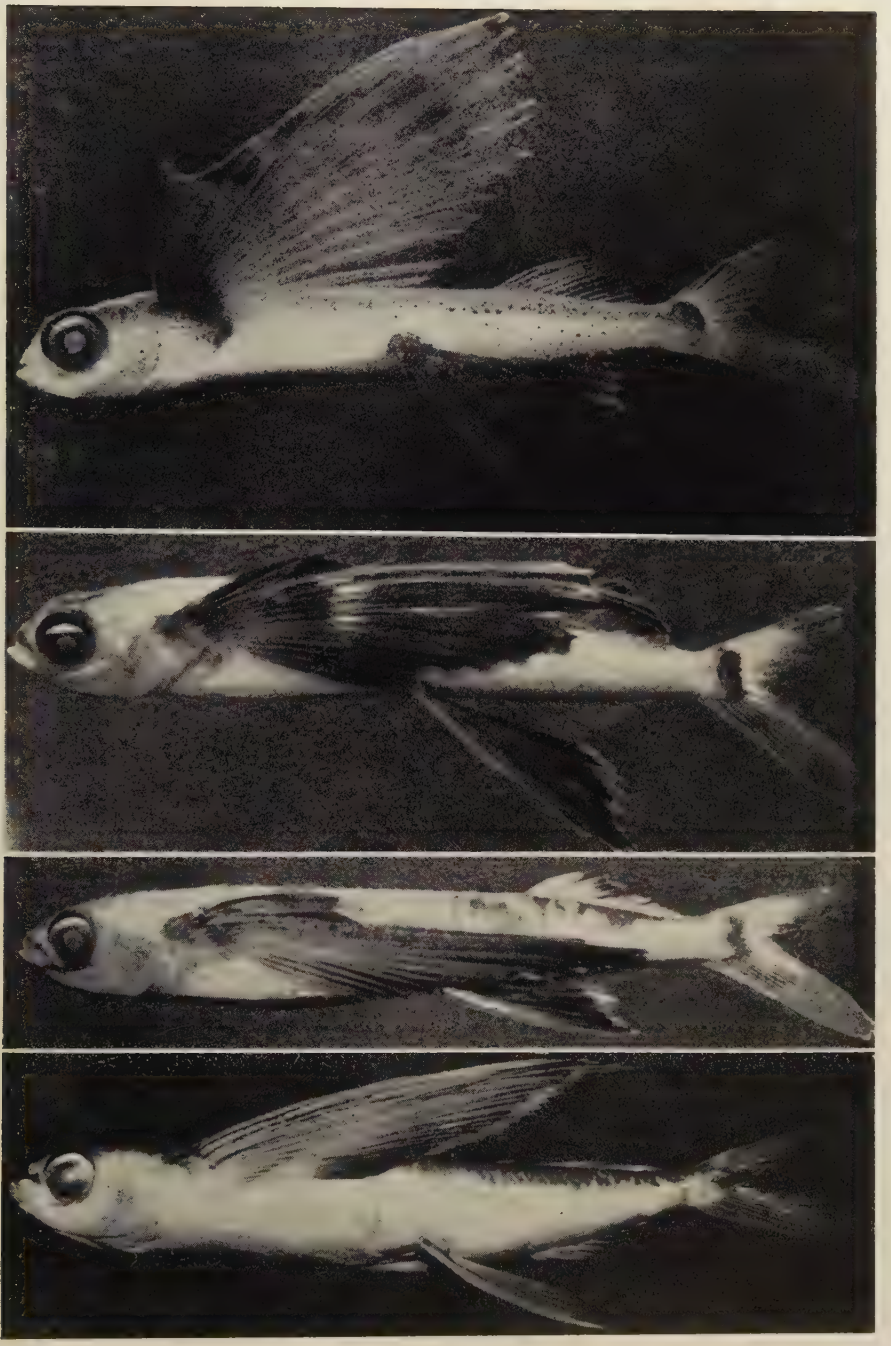


Plate 52.

Hirundichthys speculiger (VALECIENNES) ニノジトビウオ-IV

Fig. A Young, 46.5 mm long, Yaku-shima.
Fig. B Young, 70 mm long, Yaku-shima.
Fig. C Young, 110 mm long, Yaku-shima.
Fig. D Immature, 155 mm long, 23°30′N 124°45′E

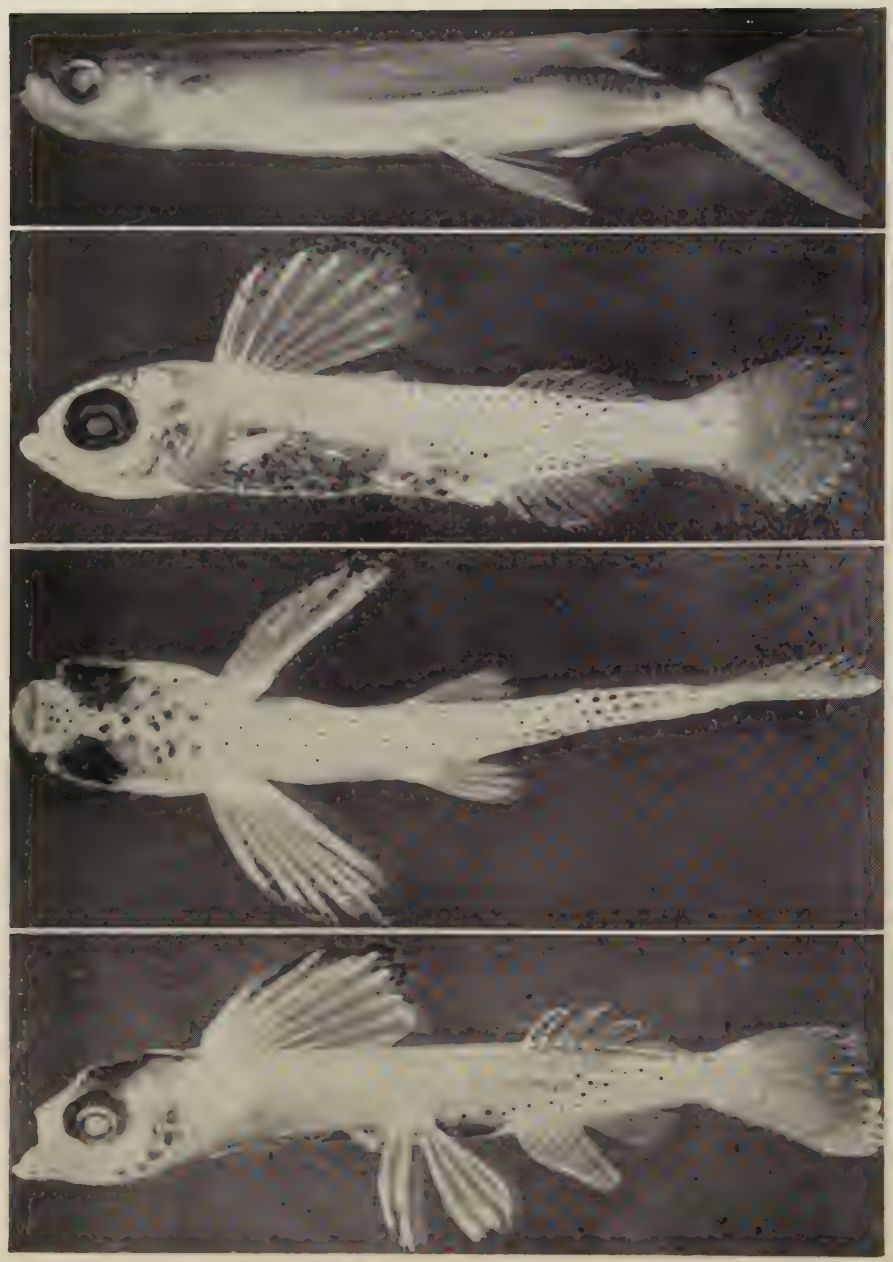


Plate 53.

Hirundichthys oxycephalus (BLEEKER) ホソアオトビ-I

Fig. A Adult, 198 mm long, 23°30′N 124°45′E.
Fig. B Post-larva, 6.8 mm long, Makurazaki.
Fig. C Post-larva, 6.5 mm long, Makurazaki.
Fig. D Post-larva, 9.6 mm long, Makurazaki.

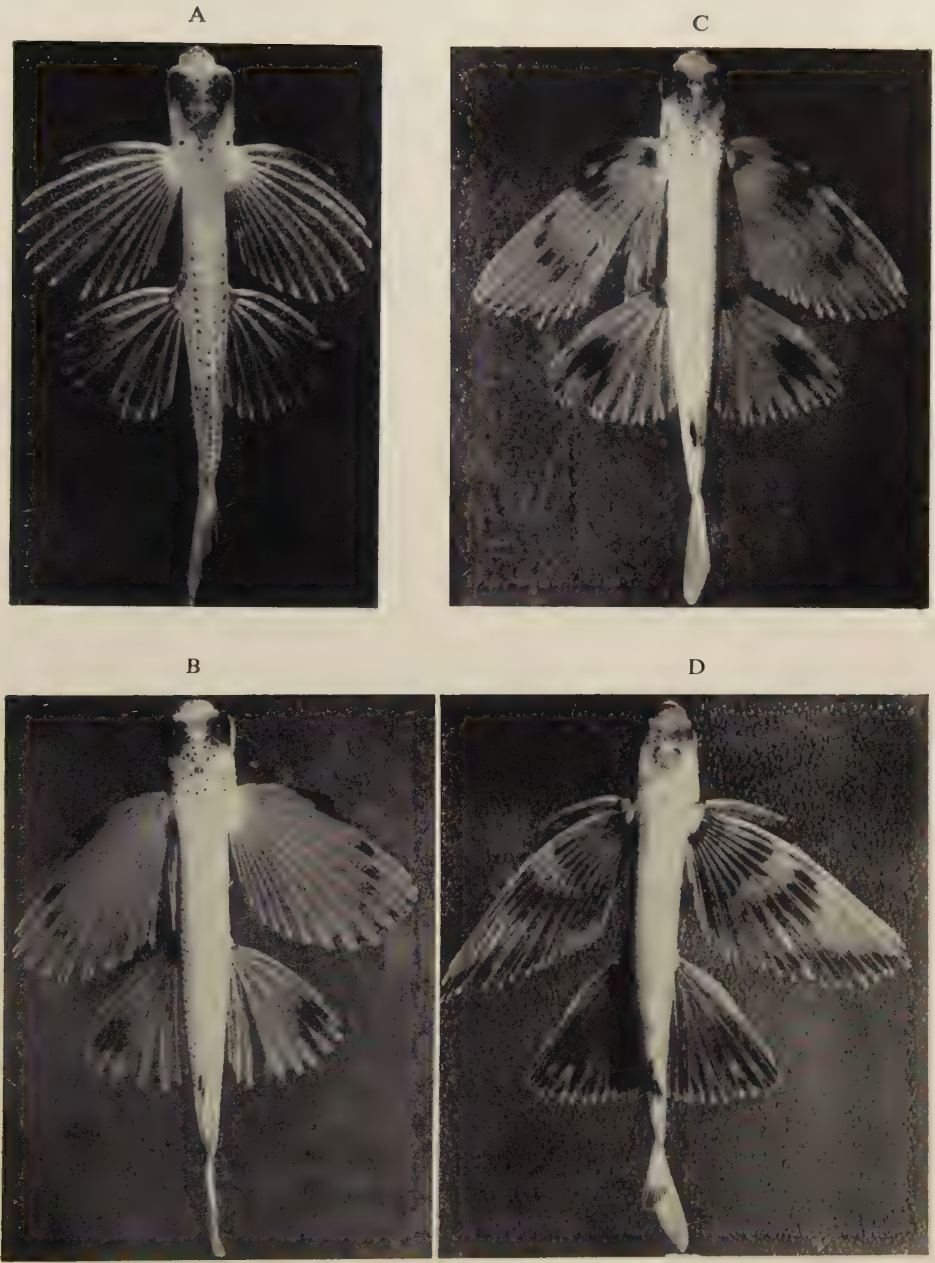


Plate 54.

Hirundichthys oxycephalus (BLEEKER) ホソアオトビ–II

Fig. A Young, 16.4 mm long, Yaku-shima.
Fig. B Young, 26.0 mm long, Makurazaki.
Fig. C Young, 34.5 mm long, Yaku-shima.
Fig. D Young, 62.5 mm long, Yaku-shima.

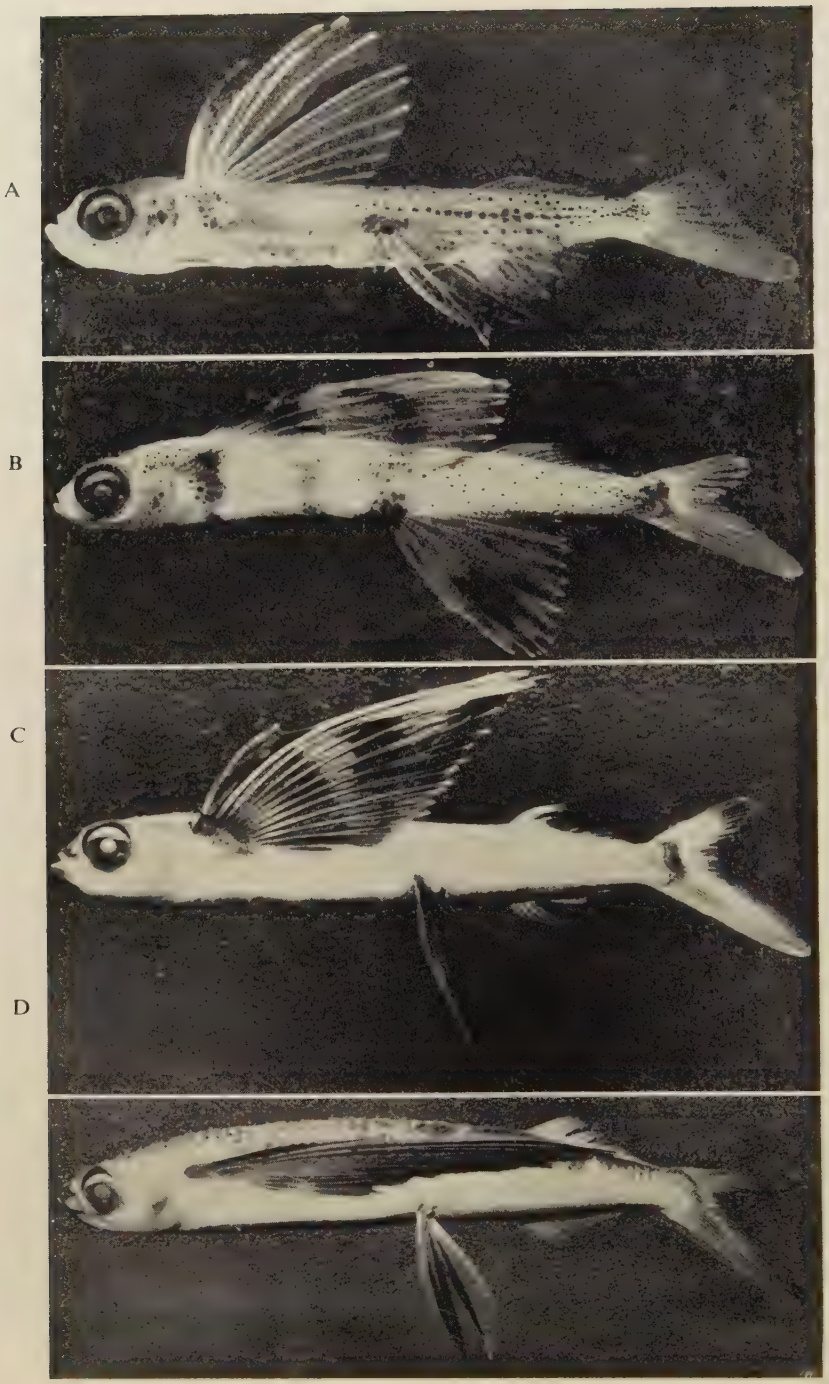


Plate 55.

Hirundichthys oxycephalus (BLEEKER) ホソアオトビ-III

Fig. A Young, 16.4 mm long, Yaku-shima.
Fig. B Young, 34.5 mm long, Yaku-shima.
Fig. C Young, 62.5 mm long, Yaku-shima.
Fig. D Immature, 166 mm long, Yaku-shima.

魚類の変質とカルボニル体—III

魚肉中の揮発性カルボニル体の生成に影響する因子

太　田　冬　雄

Carbonyl Compounds in Fish as Related to the Deterioration–III

Factors Affecting the Formation of Volatile Carbonyl Compounds in Fish Flesh

Fuyuo Ota

1. Volatile carbonyl compounds (VC) in mackerel flesh increased when it was stored. In raw flesh, the formation of VC declined at the stage of advanced spoilage, however in preserved flesh the formation lasted afterwards. No appreciable difference was found in the amount of VC between raw and heated fish flesh when they were stored.

2. The action of air was most effective for the formation of VC and the effects of temperature and light rather remarkable. The rate of VC formation was remarkable at PH value of acid side, and reduced by some antioxidants.

3. In mackerel tissues, the presence of VC-forming enzyme was not appreciable except that of alcohol-dehydrogenase in liver and spleen, and ethanol was scarcely found in any tissue. (The action of dehydrogenase in liver was most remarkable at about 30°C and PH 7.5, and was specific only for ethanol.) Above results show that VC formation should be chiefly due to the atmospheric oxidation, being hardly due to the enzymatic reaction.

先に，魚肉中の揮発性カルボニル体（VC）は，その放置，貯蔵中に生成される臭気成分の一部をなすものであり，その内容には，Acetoin, Acetaldehyde 及び Butylaldehde 等の存在することを報告した.[1] 之ら VC の生成には，酵素的及び非酵素的因子が考えられるが明らかでない．本報では，VC 生成に対する細菌及び組織酵素の関与，並びに環境条件その他の影響をしらべた結果について述べる．

実　　験

試料には，特に記したもの以外はすべて，サバを用い，その肉質及び内臓の細砕物又はホモジネートとして実験に供した．ホモジネートは適量の水を以て調製，水の添加量は各ホモジネート毎に倍率を以て示した．加熱肉及びそのホモジネートは，100°C 20 分処理後再び混砕した．実験 I の防腐区及び実験 II 以下はすべて，トルオール 3～5 %量を加えて防腐した．VC の定量は，試料の pH を約 6.0 に調整後水蒸気蒸溜に附し，その溜出液について前法[1] 操作に準じて行つた．定量値はすべて CH_3CHO としての mg % にて示した．

I. 細菌の関与

肉質及び内臓細砕物の防腐処理したものを，無処理のものと共に室温（14±1°C）に放置し，VC 生成量を比較した．その結果，防腐区の VC 量は，対照区と殆ど同じか多少多く（例えば Fig. 1），且つ対照区ではある程度増加後腐敗期に於て生成が緩慢となるか或いは減少したのに対し，防腐区ではほぼ同様の生成率で段階的に増加した（イワシを試料とした場合もほぼ同様であつた）．従つて VC 生成に対する細菌作用の関与は考え難い．

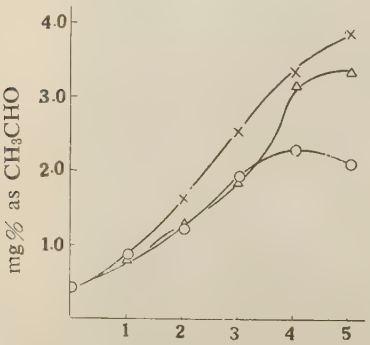


Fig. 1. Formation of VC in (○) raw, (△) antisepticized and (×) heat-treated flesh.

II. 組織酵素の関与

生肉及びそのホモジネート（1：5）を対照とし，加熱処理物における VC 生成量を比較，VC の酵素的生成如何を観察した．その結果，加熱区の生成量は，一般に対照区と同じか，多少多く（例えば Fig. 1）この傾向は，内臓物，イワシ肉の場合も同様であつた．

次に，VC 生成酵素の存否を推測するため，次の様な実験を行つた．即ち前報の結果から，VC の主要内容として考えられる Acetaldehyde を目標におき，この生成基質として予想される若干の生体物質（Na-lactate, Na-pyruvate, Glucose, Fructose, Ethanol, Trimethylamin oxide）を選び，之らの 0.1 M 溶液各 2 cc ずつを肉質の 10 g 及びホモジネート（1：10）10 cc に夫々加え，30°C に 1～24 時間放置し，添加物に基づく VC の生成をしらべた．その結果は，いずれも明確でなくむしろ否定的であつた（活魚コイ肉を試料とした場合も同様であつた）．しかし内臓物についての結果では，Ethanol 添加区の場合，明らかに之に基づく VC の生成増加が見られた．そこで更に魚体各組織のホモジネート（1：5）5 cc に 0.025 M Ethanol 2 cc を加え，30°C 3 時間後の VC の生成をしらべたところ，Table 1 に見られる様に，肝臓，脾臓では，明らかな生成増加が見られたが，他の場合はいずれも明確でなかつた．且つ肝臓ホモジネート加熱物では Ethanol からの VC の生成増加は全く認められず（Table 2），更に生肉ホモジネートの場合に生成される VC は，Acetaldehyde であることが確認された．（前報[1] 記載のペーパークロマト法に拠つた．）従つて，この場合の

Table 1. Formation of VC from ethanol by mackerel tissues.

Locality examined	VC
Normal muscle	±
Dark muscle	±
Liver	++
Pyloric coeca	−
Kidney	±
Spleen	+++
Stomach	±
Intestine	−

− Negative; ± Doubtful; +, ++, Positive.

Table 2. Influence of heat-treatment on the formation of VC from ethanol added to liver homogenate.

	VC after incubation		
	No EtOH added	EtOH. added at conc. of 1.55 mM	3.2 mM
Control	0.81	1.84	2.16
Heat treated	0.84	0.88	0.86

Incubation; 30°C, 15hr. (mg%)

VC 生成は，組織中のアルコール脱水素酵素の存在によることは明らかであろう．(尚，肝臓ホモジネートによる Ethanol からの VC の生成は，Ethanol 濃度 0.01 M までは濃度の増加と共に増加し，反応時間 1 時間では約 40°C, 3 時間以上では約 30°C, 又 pH 7.5 附近に於て最大で，且つその生成は Ethanol 添加のときに特異的に認められ，Methanol では殆ど全く，Propyl-alcohol, 及び Butyl-alcohol では全く認められなかつた.)

次に，上記 VC の酵素的生成の基質となるべき Ethanol の存否を肉質及び肝臓についてしらべた．即ち直接蒸溜物及び水蒸気蒸溜物を氷冷受器に採取し，之について矢野の方法,[2] 及び Henry の方法[3] によつて検したが，結果は共に否定的であつた．即ち組織酵素も又 VC 生成に対して大きく影響しているとは考え難い．

III. 環境条件の影響

温度：ホモジネート (1 : 5) 20 cc ずつを 15～85°C の各温度に 10 時間放置した後の VC 生成量は，Fig. 2 に見られる様に温度に比例して大きく，この場合 85°C に於て最大であつた．即ち，この事からも VC 生成に対する組織酵素の関与は考え難い．

空気：ホモジネート (1 : 5) 15 cc をフラスコに採り，内部の空気を N-ガスで置換した場合の VC 生成量は，Fig 3 に見られる様に，対照よりも遙かに少なく，生成に対する空気の影響が明らかに観察された．更に，空気量の影響を見るために，内容量の異なる共栓フラスコ (25 cc, 50 cc, 100 cc) 及び共栓試験管 (15 cc) にホモジネート (1 : 5) 15 cc ずつを採り，36°C におき，夫々の VC 生成量を比較した結果 (Fig. 4) では空気量の増加に応じて VC 量が増加した．即ち空気が VC 生成に対する重要な影響因子であることが分る．

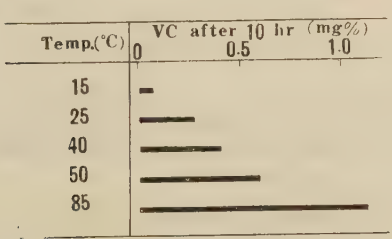


Fig. 2. Influence of temperature on VC-formation in flesh homogenate.

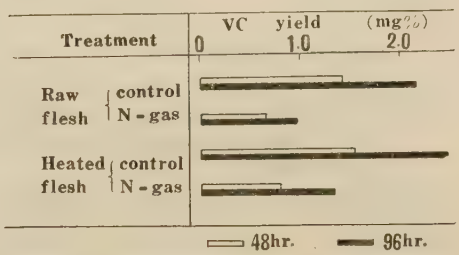


Fig. 3. Influence of nitrogen gas on the formation of VC in homogenate at 36 ± 1°C.

光：ホモジネート (1 : 5) 20 cc ずつを白色及び褐色の細口瓶 (100 cc 容) に採り，室内 (20 ± 2°C) に放置した時の VC 生成量は，前者に於て明らかに多かつた (Fig. 5). 即ち光も又重要な影響因子である．

pH：次項記載の様に，緩衝液の中にはそれ自身 VC 生成に影響するものがあるので，稀薄な HCl 又は NaOH を加えて調製した pH の異なるホモジネートを 36°C に放置した結果 (Fig. 6) では，生肉，加熱物共にほ

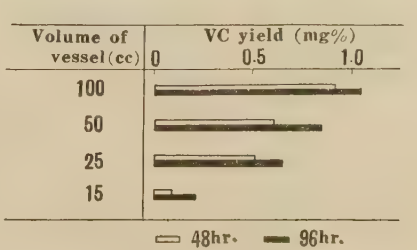


Fig. 4. Influence of air-volume on the formation of VC in homogenate at 36 ± 1°C.

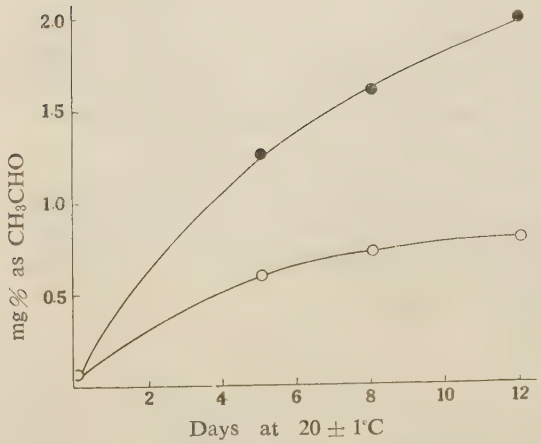


Fig 5. Formation of VC in homogenate held in (●) white and (○) brown bottle.

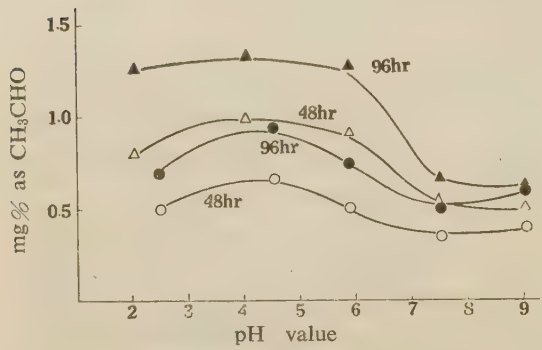


Fig. 6. Influence of pH value on VC-formation in (○, ●) raw and (△, ▲) heated homogenate at 25 ± 1°C.

ぼ同様の傾向で，生成増加は一般に酸性側に於て大きく，アルカリ側では少なかつた．

IV. 薬剤の影響

緩衝剤：ホモジネート (1 : 10) 10 cc に pH. 5.5 (ホモジネートの pH に相当) の各種緩衝液(Acetate, Phosphate, Citrate, Biphthalate) の 0.3M 溶液 2 cc ずつを加え，水 2 cc を加えたものを対照として，36°C に放置し VC 生成量を測定した．即ち Fig. 7 に見られる様に，VC 量は緩衝液の種類で著しく異なり，Phosphate, Citrate は共に VC の生成を抑制し，その程度は濃度に比例し，0.001M 濃度に於ても認められた (Fig. 8)．即ち Phosphate, Citrate は

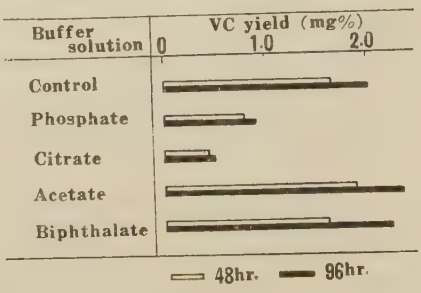


Fig. 7. Influence of buffer solution on VC-formation in homogenate at 36 ± 1°C.

共に酸化抑制剤として作用しているのであろう．他の Acetate, Biphthalate では僅かに促進的であつた．

抗酸化剤：ホモジネート(1:10)に一般に知られている抗酸化剤(Nordihydro guaiaretic acid, Butylated hydroxyanisol, Propyl-gallate) の各 0.01% 量ずつを混和し，VC 生成量をみたところ，いずれの添加区も対照より遙かに少なく，明らかな抑制作用が認められた (Fig. 9).

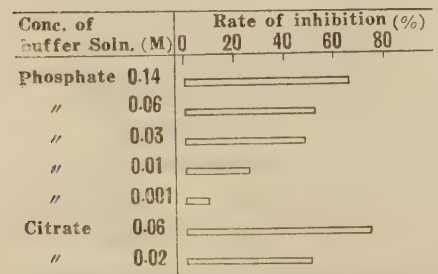


Fig. 8. Inhibition of VC-formation by phosphate and citrate.

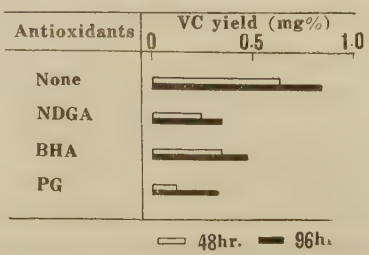


Fig. 9. Influence of antioxidants on VC formation in homogenate at 36 ± 1°C.

考　　察

魚肉の放置，貯蔵中における VC の生成は，主として空気，光，及び温度によつて影響され，所謂空気酸化によることが明らかである．従つてその生成の主要母体としては当然脂質が上げられるであろう．しかしこの実験における VC の生成率と pH との関係が，脂質のみの場合の関係と同様であるかどうかは，生成率に対する魚肉中の諸成分の影響と併せて後報で明らかにする予定である．又脂質の酸化に対しては当然組織中のリポキシダーゼの関与が考えられるが，最近の報告[4]によると魚体組織中の該酵素の分布は，普通肉以外の一部の組織に限られる様であり，又その活力は鮮度の低下によつて減少するといわれ，且つ又その活力に対する pH，温度の関係は，VC 生成率に対するそれとは，かなり相異するから，その影響度は少ないものと思われる．又一般に遊離脂肪酸はグリセライドよりも酸化され易い事が知られているから，組織中のリパーゼは間接には多少影響しているものと思われる．

VC 生成に対する細菌作用の関与は，この実験結果では，むしろ否定的であり，たとえ関与しているとしても大きな因子とは思われないが，之らの結果はあくまで総括された VC としてであるから，更にその内容の点から検討したい．

尚又，肝臓中のアルコール脱水素酵素は Ethanol の酵素的定量法に応用される可能性があるだろう．

総　　括

1. 魚肉中の VC は放置時間と共に増加し，腐敗の段階で減少するが，防腐肉では減少する事なく増加した．又 VC 生成量は生肉と加熱肉では殆ど差がなかつた．

2. 魚体組織中の VC 生成酵素の存在は，肝臓及び脾臓中のアルコール脱水素酵素の外は明瞭でなかつた．又肉質及び肝臓中にエタノールを見出し難かつた．

3. 魚肉中の VC の生成は，空気の存否によつて最も大きく影響され，空気量の増加，温度の上昇，光の存在によつて促進され，抗酸化剤によつて抑制された．

従つて之らの結果から魚肉中の VC の生成は主として空気酸化によるものと考えられる．

文　　献

1. 太田冬雄：日水誌., 24, 335 (1958)
2. 矢野勝太郎：醸雑., 13, 787 (1935)
3. R. J. Henry et al: J. Lab. Clin. Med., 33, 241 (1948)
4. M. R. Khan: J. Fish. Res. Bd. Can., 9, 393 (1952)
   小野豊樹等：日水誌., 23, 206, 211 (1957)
   清水千秋等：日水誌., 23, 174 (1957)

On the Process of the Formation of Lower Carbonyl Compounds in the Enzymatic Oxidation of Linoleic Acid

Fuyuo OTA

In the previous report,[1] it was confirmed that most of volatile carbonyl compounds found in fish flesh during storage was produced by the atmospheric oxidation of lipid fraction in the flesh. Studies on the autoxidation of fatty materials have revealed the facts that the primary products of autoxidation are the peroxide or hydroperoxide (PV), and that by the transformation or decomposition of the peroxide and the interaction of the peroxide with other materials of autoxidation and further oxidation of the peroxide, the secondary products may be formed, including various aldehydes, ketons and acids etc., some of which are responsible for rancid flavour and ordor.[2][3] However, there has been probably little experimental evidence about the mechanism by which the lower products are formed.

And then, in order to obtain some information on the process of the formation of lower carbonyl compounds by the oxidation, a preliminary experiment was carried out in considering the relationship between the formation of water-soluble carbonyl compounds (SC) and the quantity of the peroxide and between the formation of water-soluble and non-water-soluble carbonyl compounds (NC), adopting the oxidative action of soybean lipoxidase for linoleic acid.

Experiments

Oxidation substrate: Linoleic acid (Tokyo Chemical Industry Co., I. V. 153.3) was used after being purified by urea fractionation.[4] The substrate emulsion was prepared each experiment day as described below: a known quantity of linoleic acid was suspended in 0.8% span 20 solution. The mixture was warmed shaking and immediately homogenized. The emulsion was arranged to contain 5.0 mg of fatty acid per cc.

Lipoxidase: Crude lipoxidase preparations, obtained by the following procedure, were used after being diluted 10 times with water: defatted soybean meal was homogenized with 10 volumes of distilled water, and was centrifuged and filtered through defatted cotton.

Oxidation reaction: The reactions were generally performed in the ordinary test tubes at 20°C or 25°C, and those, under anaerobic condition, in Fig. 1, were made in thunberg tubes. The reaction mixture was made of 0.5 cc or 1.0 cc of the substrate emulsion, and of 0.5 cc of the enzyme preparation and was added with sufficient water to give a final volume of 5.5 cc. The enzymatic reaction was stopped by adding 0.5 cc of 1N HCl or that with the co-existence of Mohr's salt by 0.3% when the estimation of the peroxide was intended.

Analysis: The reaction mixture was vigorously shaken with 1 g of NaCl and filtered, and it was filtered after being placed in boiling bath exactly for 2 min. and cooled in water when the filtrate was taken for the estimation of peroxide. PV was determined by rhodanate methed.[5] In order to obtain the higher reproducibility, coloration was made in ice bath. Peroxide value was expressed as γ Fe^{+++} in the mixture. SC was determined as in the previous report[1] on the filtrate obtained by treating with NaCl. The estimation value will be referred to as the approximate quantity of volatile carbonyl

compounds. Total carbonyl compounds (TC) was determined by the modified procedure of the same method: coloration was made by the addition of KOH ethanol solution, after the reaction mixture being heated with dinitrophenylhydrazine solution and cooled. Carbonyl value was expressed as γ CH_3CHO in the mixture.

Preparation of NC fraction: To 5cc of the substrate (containing 10mg of linoleic acid per cc.), 40 cc of water and 2 cc of the enzyme solution were added and the mixture was allowed to stand at 20°C for about 5 hr. The mixture was vigorously shaken with 10 g of NaCl, and was filtered. Residual matters were dried in dessicator under vacuum, after being washed with 20% NaCl in 0.1 N HCl until no amount of SC was found in the filtrate. Dried matters were treated with carbonyl-free ether twice and ether was removed from the solution by the evaporation under reduced pressure. To residue obtained, 20cc of 40% $NaHSO_3$ was added, and the solution was placed in ice bath with occational shakings for about 2 hr. After some amount of $NaHSO_3$ crystalized out in the solution by cooling, was dissolved by the addition of about 5cc of water, the solution was again treated with ether several times. To the aqueous solution, 8 cc of H_2SO_4 (1 : 1) was added. SO_2 generated was removed by passing CO_2 through the solution at about 40°C. The resultant solution was further treated with ether twice, and ether solution was evaporated to dryness after being washed with water. The product was dissolved in 10cc of 0.2 % Span 20 solution.

Results and Discussion

Formation of SC in relation with PV

The formation of SC and PV in two reaction mixtures containing different quantities of the enzyme was shown in Fig. 1. In the case of the mixture containing the enzyme preparation of full strength, from the outset of the reaction, much PV was produced and SC also increased gradually. However, in the case of that of half strength, the formation of SC was scarcely appreciable irrespective of steady increase of PV. These facts suggest that appreciable formation of SC

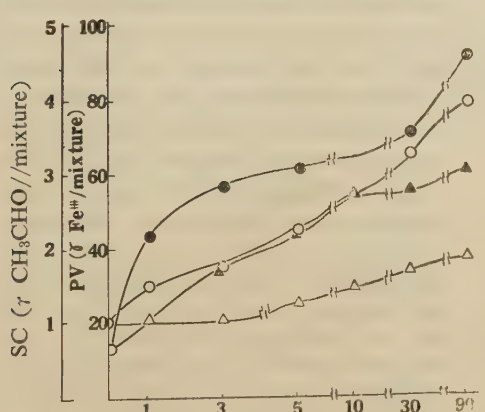


Fig. 1. Formation of SC and PV in the oxidation of the linoleic acid-emulsion by the enzyme preparation of full strength (SC ○, PV ●), and of half strength (SC △, PV ▲).

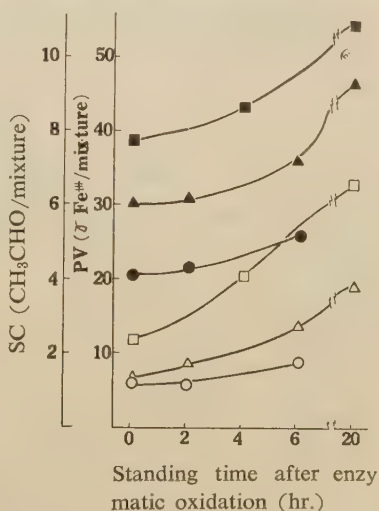


Fig. 2. Formation of SC and PV in the emulsion kept under anaerobic condition after the enzymatic oxidation of 1 min. (SC ○, PV ●) 3 min. SC △, PV ▲) and 5 min. (SC □, PV ■).

may be due to the presence of PV in a certain quantity or more and SC may not be probably a product following directly after the formation of PV. Changes similar to those mentioned above were perceived in the reaction-mixture kept under anaerobic condition after being subjected to the enzymatic action. As seen in Fig. 2, the increasing rate of the products varied according to its initial values, and that of larger initial value was more steady than that of smaller value, and in the latter ca se both PV and SC showed scarcely appreciable change even after 4 hr. standing. These results may confirm the assumptions mentioned above.

Formation of SC and TC

The formation of SC and TC in the course of the oxidation of the reaction mixture containing different quantity of the enzyme was investigated. Results obtained were shown in Fig. 3. In the case of the mixture containing the enzyme preparation of full strength, both SC and TC concurrently increased with the increase of PV, while in the case of half strength the formation of SC was to be hardly appreciated, and that of TC showed gradual increase from the outset of the reaction. From these facts, it was anticipated that the formation of SC precedes to that of NC, and furthermore, that NC may probably be a precursor of SC.

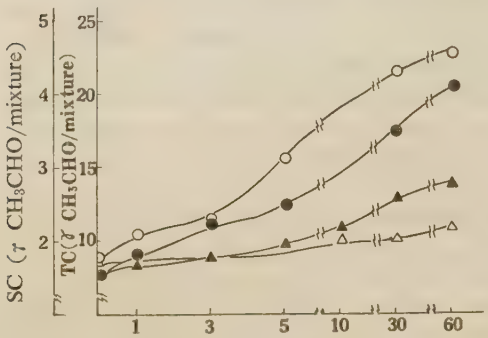


Fig. 3. Formation of SC and TC in the oxidation of the linoleic acid-emulsion by the enzyme preparation of full strength (SC ○, TC ●), and of half strength (SC △, TC ▲).

Formation of SC from NC

In order to ascertain whether SC is a product derived from NC or not, the formation of SC and PV in the reaction mixture to which the fraction of NC separated from the oxidized fatty acid was added before and after the enzymat ic action, was compared to that in the mixture containing no NC. Fig. 4. shows result obtained. The formation of PV in the mixture containing NC fraction was smaller, throughout the reaction, than that in the normal mixture. This lesser formation of PV may be attributed to the inhibitory action of added NC over the enzyme. The rate of SC formation in the former, on the contrary, was larger than that in the latter, and their difference increased with the lapse of the reaction time. These tendencies were found out when NC fraction was added to the mixture after the enzymatic acti on, and the difference of SC produced was somewhat larger than that in the preceding case.

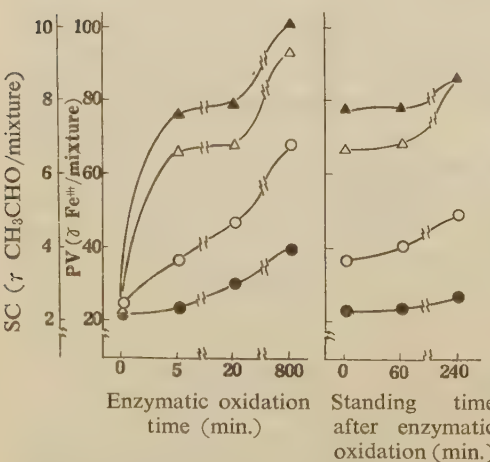


Fig. 4. Formation of SC and PV in the enzymatic oxidation of the linoleic acid-emulsion with NC fraction (SC○,PV△), and without NC fraction (SC●, PV ▲).

Some variations of the substrate concentration showed almost no influence on the formation of SC, whereas it was considerably influential on that of PV. Accordingly, the presence of some unoxidized fatty acids which might have been remained in NC fraction, may not be responsible for much formation of SC. Thus it was presumed that SC was likely to be the later product derived from NC consequent on the formation of PV. This presumption may be applied to the case of autoxidation, since the pattern of the enzymatic oxidation has been admitted to be almost similar to that of the autoxidation.[6] The details of process of formation of lower carbonyl compounds from unsaturated fatty materials will be researched with the investigation of each carbonyl compounds.

Summary

The formation of SC by the enzymatic oxidation of linoleic acid could hardly be perceived under the presence of smaller quantity of PV, while that of TC was appreciable in the same case. The addition of NC fraction to the mixture resulted in the acceleration of SC-formation and the inhibition of PV-formation. By some variations of the substrate concentration, the rate of PV-formation was considerably affected, while that of SC was hardly affected. Thus, SC produced by the oxidation of linoleic acid, was supposed to be a later product derived from NC consequent on the formation of PV.

Acknowledgement

The author wishes to express his thanks to Professor S. Asahara of the Tokyo University and Professor T. Takeshita of the Kagoshima University for some valuable suggestions.

References

1) F. Ota: This Mem., 8, 45 (1960)
2) W. O. Lundberg: J. Am. Oil, Chem. Soc., 31, 523 (1954)
3) D. Swern et al: ——————— 32, 700 (1955)
4) J. E. Coleman et al: J. Am. Chem. Soc., 74, 4886 (1952)
5) D. Swern et al: J. Am. oil. chem. Soc., 29, 431, 614 (1952)
6) H. Fukuba: "Progress in Enzyme Chemistry", Coll., 5, II, 165 (1955)

カツオ塩辛に関する研究—II

—熟成中における化学的変化について—

大城善太郎・是枝　登

Studies on "Katsuo-Shiokara"–II

On the Changes of Nitrogenous Component and pH Values During the Ripening of Katsuo-Shiokara

Zentaro Ooshiro and Noboru Koreeda

The authors studied on the several components and pH values in Katsuo-Shiokara during ripening process.

1) The generation of amino acid is the most active until the 10 th day after mixing the raw materials.
2) The volatile acid increased in the earlier period and showed the maximum values at the 15 th day.
3) The hydrogen ion concentration of the Katsuo-Shiokara decreased in the earlier period but increased slowly at the latter period of the ripening.
4) The volatile basic nitrogen increased very slowly during the ripening period. Therefore, the Katsuo-Shiokara (19% NaCl contained) was stable against the bacterial spoilage.

緒　　言

カツオ塩辛の旨味は長期間の熟成中に蛋白質の分解によつて生成されるアミノ酸の増加に負うところが大であると認められている．熟成中には色々な物理化学的，膠質学的な変化もあると思われるが，最も大きな変化は自己消化酵素の作用によつて起る化学的変化であろう．

而して熟成中自己消化作用[1]は可成りの速さで進行して行くものと考えられていた．然し筆者等が前報[2]で特に指摘した様に原料組織（幽門垂，胃，腸等）中の酵素中，少くとも熟成の主役を演ずると考えられる proteolytic enzyme は高濃度の食塩によつて作用の阻害と酵素の変性失活を受けるため，実際に熟成作用に与かる酵素力は甚だ微々たるものであることを実証した．

酵素作用力の激減のため塩辛の製造にはかなり長期間の熟成が必要になるのであろう．筆者等は塩辛の熟成期間の短縮をはかる目的で研究を進めているが，今回は塩辛熟成中におけるアミノ酸，揮発酸，アンモニヤ，pH の変化を調べ若干の検討を加えたので，その大要を報告する．

実　験　方　法

1. 試料

昭和 33 年 6 月鹿児島県山川漁港に水揚げされた新鮮なカツオの幽門垂及び胃腸を調理して配合し，その 2 kg に食塩 460 gr (19% NaCl Soln. に相当) を加えてよく混和し，熟成させ試料に供した．

2. アミノ酸の定量

塩辛の10倍水抽出液に等容の0.4M トリクロール酢酸を加えて除蛋白し，その濾液を用いてニンヒドリン反応による遊離アミノ酸を比色定量した．その方法[3)4)]には種々あるが次のように行つた．

即ち上記濾液（試料の20倍抽出液に相当）を更に50倍に蒸溜水で稀釈し（試料の1000倍稀釈液に相当）して測定に供した．この稀釈試料液0.5mlにpH 5.0の4N-酢酸緩衝液（氷酢酸18gr, 無水酢酸ソーダ57.5grを蒸溜水にとかして250mlとする）0.5ml（之によつて反応液のpHを5.0に保つことが出来る）とメチルセロソルブにとかしたニンヒドリン液（2% w/V）2mlを順次加えてよく混和し，更に1% $SnCl_2$ 0.1mlを加えて混和し，蒸発を防ぐためアルミ製キャップをして沸騰水溶中で20分加熱して発色せしめる．加熱が終つたら水道水で冷却し，之に稀釈液（50%エタノール）5ml加えてよく混和して（呈色が濃すぎるときは10ml, 15ml……）570mμで比色し，盲験値との差をとる．

3. 揮発酸の定量

揮発酸の定量法としては色々な提案があるが，筆者等は浅川[5)]の方法に準拠した．即ち供試塩辛5grに5% H_2SO_4 50mlを加えて500ml容のナス型フラスコに流し込み，水蒸気を通じて蒸溜し，その溜出液150mlを採り，之に0.1%フエノールフタレン1mlを加えて，0.01N NaOHで滴定し，その滴定値を以て揮発酸量を比較した．

4. 揮発性塩基の定量

WEBER-WILSONの改良減圧法[6)]により定量した．又腐敗の型式をみるため，ネスラー試薬によるアンモニヤ-Nの測定も併せて行なつた．

5. pHの測定

カツオ塩辛に10倍容の再蒸溜水を加えてよく攪拌抽出し，その抽出液のpH価を三田村製ガラス電極pHメーターで計測した．

実験結果並びに考察

1. アミノ酸の消長

塩辛の熟成中におけるアミノ酸量の酸量の変化はFig 1の通りである．即ちカツオ塩辛はその主原料たる幽門垂が新鮮なものを選んだにかかわらず，その中に既に784mg%-Nのアミノ酸を含有していた．仕込後は比較的速かにアミノ酸を生成し，20～30日位で最高の生成量（1680mg%-N）となり，その後は徐々に減少して行くことが認められた．最高値に達した後の減少率は緩慢である．このことに関しては長崎[7)]のイカ塩辛についての研究がある．即ち長崎はイカ塩辛

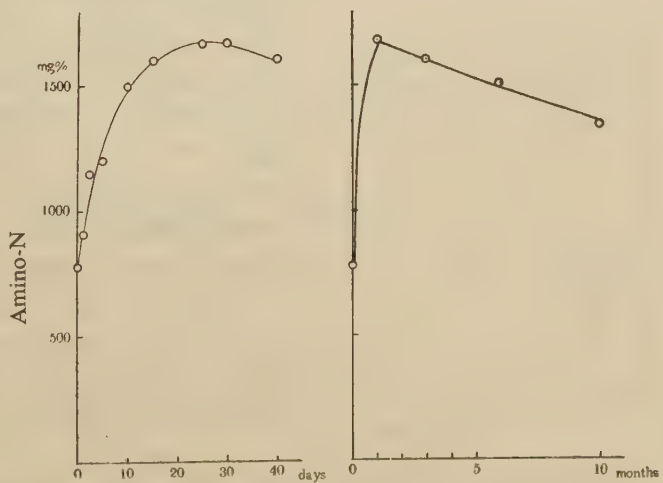


Fig. 1. Variation of amino acid in the course of ripening of "Katsuo-shiokara"

熟成時におけるアミノ酸-N, アンモニヤ-Nを測定して，食塩含量 20%，30% にした何れのものも 20°C 位で製造可能であることを述べると同時に，アミノ酸の生成に触れ，熟成初期には蛋白分解酵素の作用が活発であるが，その後は所謂平衡状態を保つてアミノ-Nの増加は極めて徐々であると説明している．

而し乍ら該蛋白分解酵素の安定性即ち高濃度の食塩による作用の阻害や変性失活については充分考察されていない様である．

筆者等は前報でも指摘した通り，カツオ塩辛の熟成に関与する proteolytic enzyme が，食塩によつて著しくその作用の阻害を受け，且つ変性失活し易いかを実証した．

Fig. 1 から明かなように仕込後アミノ酸は急激に増加して，1 カ月で最高値に達して後減少していることは，前報で指摘した様に 2 割 5 分塩（19% NaCl）の塩辛で 30日で仕込時に示した酵素の 90%が変性失活していることとよく対応している．

熟成後 1 カ月を経過すると徐々にアミノ酸が減少して行くが，これはその頃から発育した細菌によるアミノ酸の消費量が残存する未変性の proteolytic enzyme によるアミノ酸の生成量を上廻る結果であろうと考えられる．従つてカツオ塩辛の熟成はアミノ酸の生成量から判断すれば，1 カ月で完成されるように思われる．

而し乍らその頃のものは未だ味に丸味がなく，多少腥臭を有している．したがつてカツオ塩辛は単に呈味成分の生成増加をはかるだけでなく，むしろ腥臭成分の分解消失を期待するために，数カ月もの長期間の熟成が必要となつてくるものと思われる．

2. 揮発酸量の変化

熟成初期に著しく揮発酸が増加し，仕込後 15 日目あたりに最高値を示し，その後は漸減して行く．この現象はアミノ酸生成量の消長とよく似ているが，生成量の山が幾分早目に見られるようである．このことについては直ちに結論を下せないが，アミノ酸と揮発酸の生成に関与する酵素作用の機構上の相異に基づくものと思う．

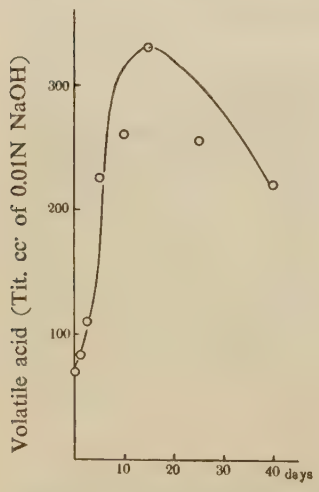


Fig. 2. Variation of volatile acid in the course of ripening of "Katsuo-shiokara"

3. アンモニア-N の変化

熟成 1 カ月後からアミノ酸が徐々に減少していることから，それは細菌による消費であろうと述べた．そこでこのことをアンモニヤ-N の変化から考察するために次のように実験した．即ち鮮度の良いカツオ幽門垂をそのままミキサーにかけてホモジネートを作つて折半し，一方には 2 割 5 分の食塩を加えた．

食塩区，無塩区（対照）には夫々トルオール・チモール（5 : 1）を 5% 相当量加えて防腐したものと無防腐のものを作つた．而して夫等 4 つの試料を 20°C にて保存し，アンモニヤの生成の様相をしらべた．その結果は Fig. 3 の通りで食塩を加えた区分は防腐剤による影響が殆んど見られず，食塩のみで充分細菌の発育を阻害しているように思われる．

無塩区分では，防腐区でもかなりのアンモニヤ-Nが生成する．勿論対照の無防腐区は 2 日目で 600 mg にも達

し著しく腐敗していた．ここで注目したいのは，無塩防腐区，食塩含有区のアンモニヤ-Nの生成速度の相異であろう．無塩防腐区では比較的速やかにアンモニヤを生成するが，食塩含有区ではアンモニヤの生成が著しく阻害されている．従つてアンモニヤ生成自己消化酵素も前報 proteolytic enzyme と同様に食塩によつて著しく阻害作用を受けることが明らかとなつた．而してアンモニヤの増加曲線の勾配からも明かな様に2割5分塩の塩辛では腐敗によると思われるようなアンモニヤの増加は示さない．

4. pH の変化

水素イオン濃度は Table 1 の如くで，熟成が進むとその pH は低下する．仕込後5日目あたりから再び上昇しその後はあまり増加もなく 40 日で 6.13 程度を示した．前報でも pH と酵素作用との関係について述べたが，pH 5.80～6.13 では proteolytic enzyme も充分作用しうるから，これ位の pH の変動では塩辛の熟成速度と成分変化に影響を与える程ではなく，従つて特に pH を調整するような措置は食味の点からも必要とは思われない．

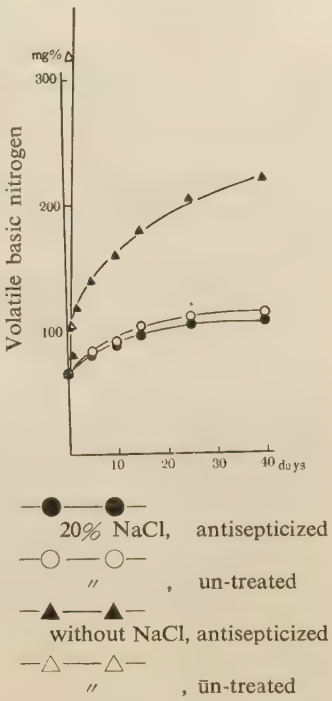


Fig. 3. Variation of the volatile basic nitorogen in the pyloric coeca of skipjack during the autolysis with or without NaCl.

Table 1. Variation of pH values in the course of ripening of "Katsuo-Shiokara"

Storage in days	0	1	2	3	5	10	15	25	40
pH	5.90	5.85	5.80	5.90	6.10	6.12	6.10	6.12	6.13

要　　約

カツオ塩辛の熟成中の化学的変化をしらべて次のような事実を明らかにした．

1) アミノ酸生成量は仕込んでから，10日位は直線的に増加し，其の後は徐々に増加して 25～30 日目に最高値を示す．

2) 熟成1カ月目頃からアミノ酸が徐々に減少して行くが，これはその頃から発育した細菌によるアミノ酸の消費量が未変性の残存 proteolytic enzyme によるアミノ酸の生成量を凌ぐためと考えられる．

3) アミノ酸の生成量から判断すれば 1 カ月で熟成は完成されるように見受けられるが，その頃のものは未だ呈味に難点があり，多少腥臭を有する．

4) 熟成中に著しく揮発酸の生成が見られるが仕込後 15 日目位に最高値を示し，その後は漸減して行く．

5) 2割5分塩（19% NaCl 相当）の塩辛の熟成中にはアンモニヤは極めて徐々に生成される．而してその時のアンモニヤの増加曲線の勾配から熟成が長期に亘つても腐敗によるものと思われるようなアンモニヤの生成は認められない．

6) 熟成時における pH の変化はあまりなく，従つてそれによる塩辛の熟成速度と成分の変化に対する影響は少ないと考えられる．

終りに本実験の遂行に御便宜を賜つた越智教授に感謝致します．なお実験試料を提供頂いた鹿児島市三二食品の漆間三二氏にも深謝する．

文　　献

1) 永田米作：日水誌；**4**, 21 (1935)
2) 大城善太郎・出口重遠：本誌 **7**, 181 (1958)
3) 赤堀四郎・水島三一郎：蛋白質化学 **1**, 201 (1953)
4) 須山三千三・鴻巣章二：日水誌；**23**, 555 (1958)
5) 浅川末三：日水誌：**19**, 124 (1953)
6) 厚生省編：衛生検査指針；**39** (1951)
7) 長崎　亀・山本竜男：日水誌；**20**, 613, 617 (1954)

鰹肉の冷蔵保管中の変化—I.*

凍結冷蔵による蛋白変性について

西元諄一・田中和夫
（東京水産大学）

On the Storage of Frozen Whole-round Skip-jack.–I. The Denaturation of Skip-jack Muscle Protein under Freezing and Cold Storage

Jun-ichi Nishimoto and Kazuo Tanaka

To make some investigations into the changes of water and 0.6 M KCl soluble protein, fat and organoleptic features during the storage, and into the drip value after the thawing of frozen skip-jack muscle, the fish muscle of full-rigor and post-rigor types were frozen in the sharp freezer (at −28°C of air temperature), and stored in the cold room (at −17°C of air temperature) for 12 months and defrosted in the still air (at about 20°C of air temperature) at the end of respective definite period.

In case of the muscle of full-rigor type, extractability of myosin (actomyosin) was quite small and myosin solubility much decreased when it was frozen, but in the muscle of post-rigor type such phenomenon was not recognized. The myosin value in both types decreased in accordance with the period of storage.

Although the salt soluble protein decreased, almost no change was observed in the amount of water soluble-protein of fish flesh of both type.

From the decreasing of I. V. and the increasing of POV of the fat in fish muscle stored at −17°C, it was ascertained that the oxidation of fat was developed during the storage. In this experiment the mutual relationships between the denaturation of fish-flesh-protein and the oxidation of fish-fat were left to further research.

凍結鰹はわが国では重要な輸出冷凍水産物の一つで，主として U. S. A. でライトミートツナの罐詰原料とされている．また国内では鰹節の原料とし，一方生の状態では刺身として食味されている．この様に広く利用される鰹も凍結後これを解凍すると，生食する場合も煮熟して利用する場合も，肉質がぱさぱさして舌触りが悪いとか，カードを生ずるとかいつた不都合なことが起る．これらは多くの研究者[1) 2)]が認めている．これは蛋白の変性やその他の因子が影響しているものと考えられ，鰹の凍結前の品質，凍結条件，凍結後の保管条件および解凍条件により左右されるものと推察される．

そこで著者らは凍結鰹肉を用いこの点に重点をおいて鰹肉の食品的，商品的品質を維持する様な冷蔵条件を見出すために種々の観察，実験を行つた．

実験およびその結果

実験 I 凍結前の鰹魚体（生鮮）についての観察（その 1） 30°C の空気中に放置した場合

* 本報の要旨は，日本水産学会秋期大会（堺，34. 10）にて発表．

死後硬直中の鰹肉（硬直型と称する）と死後硬直後の鰹肉（非硬直型と称する）の間に，それが凍結前の生肉時にどの様な差異があるか，また放置時間と共にその鮮度がいかに変化するかをみるために，房総沖にて網で捕獲後，船上で即死させ，直ちに水氷に浸漬後 18 時間目に入手した鰹魚体 1 尾(体長×体高×体巾：0.431×0.109×0.084m, 体積 0.001955 m^3, 体重 2.086kg）を 30±2°C の静止空気中に 30 時間放置し，その間に筋肉の pH 値とウイープ量（生鮮なる筋肉から滲出する液汁）の測定並びに肉眼的観察を行つた．pH 値は死後硬直と密接な関係があり，ウイープ量はその後の凍結—冷蔵保管—解凍により生ずる ドリップ量（凍結による蛋白変性量の一つの目安となると考えられる）と比較検討するために測定した．その結果は第 1 表のごとくである．

Table 1. Organoleptic test on the whole round skip-jack kept in still air (at 28±1°C.).

Time hrs.	Room temp.°C	Weep ml.	pH	Colour		Odour		Taste
				Surface	Muscle	Surface	Muscle	
0	28.5	0	6.05	Glossy white	Glossy red (clearness)	None	None	Good
1	28.0	0	5.89	〃	〃	〃	〃	〃
2	27.0	0	5.87	〃	Glossy brown	〃	〃	〃
3	29.0	0	5.85	〃	〃	〃	〃	〃
4	29.0	0	5.83	〃	〃	〃	〃	〃 Tasteful
5	29.0	0	5.75	Glossy lead gray	〃	〃	〃	〃
6	29.0	0	5.72	〃	〃	〃	〃	〃
7	29.0	11.0 (pH 6.0)	5.70	〃	〃	〃	〃	—
8	29.0	19.3 (pH 5.95)	5.57	〃	〃 (fluorescence)	Slightly fishy	Slightly fishy	—
10	29.0	28.6 (pH 5.91)	5.58	〃	〃	Fishy	Fishy	—
12	29.0	40.4 (pH 5.88)	5.65	〃	〃	〃	〃	—
14	29.0	52.6 (pH 5.98)	5.83	〃	〃	〃	〃	—
22	27.5	124.4 (pH 6.42)	5.86	Not glossy Reddish black	Not glossy Dark brown	Sour	Sour	Unedible
24	27.8	—	5.95	〃	〃	Stale	Stale	〃
25	27.8	—	6.03	〃	〃	Putrid	Putrid	〃
28	28.2	—	6.18	〃	〃	〃	〃	〃
29	28.3	—	6.37	〃	〃	〃	〃	〃

この観察では，鰹魚体入手後 8 時間で死後硬直完了とみられる最低の pH となり腥臭が出て来たが死後硬直に関する魚肉の実験例[3),4),5),6)]からみて，漁獲時に魚体が極めて疲労したとか，漁獲後の放置時間や温度により硬直開始，終了の時期や pH 値は当然異つてくるものと思われる．また腥臭の発生と時を同じくしてウイープとおぼしきものが浸出してきて，鮮度低下と共にそれは増大しているが，その原因は，グリコリシス，オートリシイスの進行のためと思われる．

(その 2)

漁獲直後の鰹は多くの場合水氷漬として貯蔵運搬されるが，その死後硬直期が幾時間（幾日）持続されるか，また水氷での鰹肉の貯蔵限界を推定するために，前と同じグループの鰹 1 尾（体長×体高×体巾：0.416×0.106×0.080 m, 体積 0.001651 m^3, 体重 1.651 kg）を 0°C の水氷に浸漬し，かつその容器を 0°C の冷蔵庫に保管して，その間筋肉の pH 値の測定並びに肉眼的観察を行つた．その結果は第 2 表のごとくである．

Table 2. Organoleptic test on the whole round ship-jack immersed in ice-water (at 0°C.).

Time day	pH	Remarks
0	6.05	Full-rigor
1	5.84	〃
2	5.82	〃
3	5.72	〃
4	5.72	〃
5	5.61	〃
7	5.54	Minimum pH
8	5.64	
9	5.72	Post-rigor.　Odour fishy
10	5.75	
11	5.78	
12	5.79	
14	5.82	
15	5.82	
16	5.83	
17	5.82	
18	5.82	Flesh slightly soft
19	5.83	Odour sour.　Flesh soft
21	5.84	Odour strongly soure.　〃
22	5.87	Odour sour putrid on the abdomen. Flesh very soft
23	6.00	
24	6.03	
25	6.06	
26	6.09	Odour putrid
28	6.18	

前述の如く 30°C の静止空気中に放置せる鰹魚体では 8 時間後に最低の pH値 を示すが，0°C の水氷に浸漬すると 1 週間で最低の pH 値となり，以後非硬直型に移行する．18 日目になると肉は弾力を失い，軟化してオートリシスが進行したことを示し，乾草がむれた様な酸敗臭が出て来て食用とするには不適な限界の様である．この観察より硬直期は大体 1 週間で，安全な食用となるのは 2 週間内外であることが知られる．

実験 II. 冷蔵保管中における凍結鰹肉の変化

漁獲後直ちに水氷漬にした鰹を 18 時間後に入手した．入手時は死後硬直期にあり硬直型グループ（7 尾，平均体重 1.8 kg）は直ちに，一方非硬直型グループ（8 尾，平均体重

2.1kg）は解硬するまで 1℃ の準備室で水氷に浸漬してから，空気温度 −28℃ の管棚式凍結装置中に 24 時間放置し凍結させ，グレーズをかけず，略−17℃ の商業冷蔵庫（第 3 表）

Table 3. Temperature of cold storage room.

Storage period month	0	1	2	3	6	9	12
Temp. ℃	−16.8	−16.3	−17.2	−17.2	−19.0	−17.5	−15.5

に保管し，その後 0, 1, 2, 3, 6, 9, 12 カ月目毎に各グループの試料を夫々 1 尾づつとり出し，以下の測定及び観察を行つた．

（その 1）魚肉について

先ず鰹魚体を秤量し冷蔵保管中の重量損失を求め（第 6 表），約 20℃ の室内で静止空気解凍を行い，魚肉を背鰭中央部より切りとり（常に同じ部位から採肉），血合肉を除く部分を細砕して均一化後試料とした．

測定法は，pH 値をベックマン硝子電極 pH メーターにより，窒素はミクロケールダール法によつた．

実施法は魚肉の 20 倍水抽出液および 0.6 M KCl 溶液（Weber & Edsall solution）の 20 倍抽出液につき（泡止めせるミキサーにて 2 分間抽出），水溶性全窒素，水溶性蛋白態窒素（10%三塩化醋酸処理），水溶性熱凝固性窒素（100℃ 沸騰浴中 10 分間加熱），塩溶性全窒素，塩溶性蛋白態窒素（10%三塩化醋酸処理），塩溶性熱凝固性窒素（100℃ 沸騰浴中 10 分間加熱）および 0.6 M KCl 抽出液を冷水で 10 倍稀釈して沈澱する部をミオシン区として測定した．しかしてこのミオシン区は抽出操作が 0℃ 近くの室でなされたものでなく，抽出に冷抽出液を用い，2±2℃ の温度下でミオシンの沈澱を得べく放置し，沈澱分離の遠心操作は室温でなされたので，操作中の変性等はまぬかれないが，この値は絶体値としてでなく，相対的な値として比較検討されねばならないものと考える．なお油脂の抽出はエーテルにより，I. V.（Wijs 法），POV（過酸化物価，Lea 法）および屈折率を測つた．

以上の結果は第 4, 5 表に示す．

蛋白の変化は，筋肉の水抽出液の $\frac{\text{蛋白態窒素}}{\text{全窒素}}$ の値は硬直型が非硬直型より大きく，貯蔵期間が長くなつても硬直型，非硬直型双方ともあまり変化がない様である．$\frac{\text{熱凝固性窒素}}{\text{全窒素}}$ の値は硬直型，非硬直型のいずれも貯蔵期間が長くなるに従つて増加している．これはすでに著者の一人[7] が認めたところである．

一方，塩抽出液の $\frac{\text{蛋白態窒素}}{\text{全窒素}}$ および $\frac{\text{熱凝固性窒素}}{\text{全窒素}}$ の値を検討すると，前者は硬直型，非硬直型いずれの場合も貯蔵期間が長くなるに従い一部増加しているが減少の傾向で先の水抽出の蛋白態窒素の値の傾向とは異なつている．塩抽出液は塩類で抽出される蛋白（主としてミオシン）と水で抽出される蛋白（主としてミオゲン）の双方を当然含んでいるが，非硬直型は水抽出の $\frac{\text{蛋白態窒素}}{\text{全窒素}}$ の値は変化があまりないので，塩抽出ではミオシン系のものが貯蔵期間が長くなるに従つて抽出され難くなることがわかる（後述）．後者は貯蔵期間と共に，硬直，非硬直いずれの型でも同じ様なレベルで増加する．

Table 4. Changes in the amount of water and salt soluble proteins in frozen skip-jack muscle stored at −17°C.

Period of storage	Time of thawing	pH in muscle		TN %		Water extract WSTN /TN×100		WSPN /WS TN×100		WSHN /WS TN×100		SSTN /TN×100		0.6M KCl extract SSPN /SSTN×100		SSHT /SSTN×100		Myosin fraction M-N %		M-N/TN×100		M-N /SSTN×100	
months	hrs.	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
0	Fresh	6.05	5.78	4.01	4.12	34.02	29.85	40.02	26.91	15.21	11.38	85.20	86.89	75.92	71.51	43.98	39.11	1.64	1.71	40.90	41.75	48.06	47.78
	After freezing	5.82	5.76	4.02	3.99	33.26	29.32	41.88	29.91	18.32	18.80	85.00	88.97	77.79	78.03	46.50	46.20	1.12	1.77	27.91	44.36	31.31	49.86
1	0	5.76	5.91	4.16	3.97	36.89	33.73	43.13	31.10	28.29	17.90	85.57	91.18	79.23	81.76	52.80	46.96	1.48	1.92	35.58	48.36	41.53	53.04
2	0	5.85	5.76	4.49	4.08	32.60	29.41	42.40	30.82	33.95	19.16	96.43	96.57	79.13	78.92	48.73	51.02	1.56	1.80	34.74	44.18	36.61	45.69
3	0	5.90	6.25	4.33	4.20	33.07	29.52	41.35	20.16	32.68	22.58	92.14	88.33	74.19	83.00	51.62	47.98	1.65	1 86	38.11	44.29	41.45	50.13
	3	5.90	6.07	—	—	33.07	28.80	42.31	24.80	32.68	20.65	91.68	90.40	79.17	81.60	51.31	49.21	1.84	1.78	42.47	42.39	46.46	46.84
	6	5.85	6.12	—	—	34.18	29.52	44.44	20.16	35.84	22.58	92.15	78.81	74.14	76.13	44.45	41.70	1.76	1.78	40.65	42.39	44.13	53.78
	24	—	6.26	—	—	30.71	32.85	46.11	23.18	29.99	20.29	92.14	64.29	76.19	70.74	31.07	38.88	1.75	1.75	40.42	41.67	48.12	64.81
6	0	6.03	6.13	4.46	3.98	33.63	28.40	42.60	41.60	26.66	18.59	85.65	84.93	81.67	87.87	57.07	51.18	1.66	1.48	37.02	37.70	43.45	43.78
	3	5.89	6.15	—	—	33.63	28.40	48.00	28.32	26.66	18.59	85.65	90.45	77.48	83.89	57.07	54.17	1.79	1.82	40.13	45.73	46.84	50.55
	6	5.85	6.00	—	—	33.63	29.65	48.00	31.36	26.66	19.47	89.68	91.71	80.50	76.44	59.00	54.79	1.96	1.70	43.93	42.71	49.00	46.57
	24	5.83	5.93	—	—	33.63	29.65	36.66	31.36	36.00	19.47	89.68	93.22	78.37	72.78	59.00	55.53	1.66	1.82	37.02	45.73	41.50	50.55
9	0	6.05	6.25	4.23	4.48	34.81	30.60	62.10	40.07	34.95	—	81.95	75.50	100.00	83.95	—	—	1.37	1.50	32.40	33.50	39.60	44.45
12	0	5.86	6.13	4.23	4.86	35.00	25.50	50.00	37.05	35.05	34.65	57.45	62.40	64.25	66.00	42.80	56.00	1.25	1.26	29.58	26.95	51.50	45.15
	3	5.96	5.75	—	—	44.00	30.60	34.20	39.40	27.90	19.70	62.00	75.25	35.90	73.02	27.10	31.45	—	1.26	—	25.90	—	37.40
	6	6.05	5.82	—	—	44.30	30.60	56.20	32.81	41.70	—	56.50	72.00	52.75	82.00	64.05	86.45	3.44	—	—	—	—	—

F : Full-rigor type
P : Post-rigor type
TN : Total Nitrogen
WSTN : Water soluble total nitrogen
WSPN : Water soluble protein-nitrogen
WSHN : Water soluble heat coagulable nitrogen
SSTN : Salt soluble total nitrogen
SSPN : Salt soluble protein nitrogen
SSHN : Salt soluble heat coagulable nitrogen
M-N : Myosin nitrogen

Table 5. Chemical change of the fat in frozen skip-jack stored at −17°C.

Period of storage (months)		Content of fat%		Refractive index(n_D^{20})		POV		I.V.	
		B	A	B	A	B	A	B	A
0	fresh	0.84	1.91	1.4766	1.4761	—	—	—	—
	After freezing	3.79	7.41	1.4774	1.4798	25.43	26.02	123.43	124.60
1		2.55	4.26	1.4823	1.4797	18.98	18.53	117.41	112.03
2		4.42	2.98	1.4800	1.4802	30.60	45.98	108.87	105.91
3		2.40	3.65	1.4728	1.4738	40.02	53.36	78.22	65.93
6		4.61	7.09	1.4788	1.4772	76.80	88.42	56.91	55.01
9		2.83	2.84	1.4746	1.4742	102.14	120.26	43.08	27.34
12		3.58	4.30	1.4711	1.4701	117.21	115.07	39.97	30.15

POV : Peroxide value (mg total peroxide oxygen/kg of fat)
I. V. : Iodin value
B : Back meat
A : Abdominal meat

これらと第6表に示したドリップ量との関係をみるとはつきりした関連は把握できないがドリップは非硬直型が非常に多い．このドリップ量については，硬直型のものの方がドリップが多いというこれまでの結果[1),10),12)]とは反対の現象であるが，その理由はここで実験に供した非硬直型鰹は解硬した直後のものでなく，pH 値がやや上昇した時期のものであつたためであらう．

つぎにミオシン(アクトミオシン)の変性は，硬直型では凍結という操作によつて約 30% のミオシンの不溶化がみられ，非硬直型ではほとんど変化がない．これは NIKKILÄ&LINKO が herring を用い，−20°C で行つた実験結果と一致し，ミオシン量は貯蔵期間が長くなるに従つて減少した．また解凍時におけるミオシンの抽出量をみると，死後硬直中のものは少なく，解硬すると多くなるという NIKKILÄ&LINKO の実験結果[9)]と同様である．

油脂の変化は 3 カ月目より腹部に油焼け現象が少し見られる．この時の POV が約 50mg (0 カ月の約 1.5～2 倍) で，I. V. も最初の約 1/2 になつている．冷蔵中に POV が増加するのは LEA のニシン油での実験結果[10)]および MACCALLOM, DYER らの鰯での結果[11)]と一致するが，脂質の変化は酸化によるのでなく酵素（リパーゼ）のみによるという小野の説[12)]とは反する．また I. V. の減少も小野[12)]が−13°C で鯖を凍結冷蔵した際のものとは異つている．しかして魚種が異るのみで差異があるとは思われないが，清水[13)]はこれらの矛盾を起す原因について推論している．屈折率は一般に酸度により変化するといわれる[14)]が，貯蔵当初と貯蔵期間が長くなつた時とに差はほとんど認められなかつた．また油脂の変化と蛋白の変性との関連は明確でなかつた．

（その 2）ドリップについて

冷蔵庫より取出した魚体は霜や氷がついているので暫時室温に放置して，それらを除去し，秤量し，目減量を求め，約 20°C の静止空気中で解凍し，2, 4, 6 時間後 (24 時間後) のドリップの流出量，その pH 値を測定した．また 6 時間目のドリップを脱脂綿濾過後その全窒素，蛋白態窒素 (10%三塩化酢酸処理)，熱凝固性窒素 (100°C 沸騰浴中 10 分間加熱) をミクロケールダール法にて測定した．その結果は第 6 表に示す．

Table 6. Changes of weight-loss value during storage at −17°C and quantity, pH, protein of drip while thawing is carried on frozen skip-jack.

Period of starage months		Loss of weight %		Drip % in 2 hrs.		Drip % in 4 hrs.		Drip % in 6 hrs.		pH in 2 hrs.		pH in 4 hrs.		pH in 6 hrs.		TN		PN		PN/TN×100		HN		HN/TN×100		Defrosting air temperature °C	
		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
0	Fresh	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	After freezing	0.467	0.052	1.24	2.29	2.65	4.77	3.35	5.51	6.29	6.16	6.30	6.16	6.29	6.20	1091.66	886.98	989.04	612.92	90.60	69.09	682.20	604.93	62.49	68.21	28.0	28.0
1		1.085	0.307	0.61	0.45	1.70	1.70	2.67	3.80	6.43	6.33	6.46	6.29	6.31	6.15	1178.59	918.21	998.27	540.36	84.70	58.85	630.32	507.03	53.48	55.22	24.3	24.3
2		1.056–0.531		0.39	2.59	1.89	6.34	3.05	6.99	6.40	6.21	6.51	6.30	6.42	6.25	1381.24	1367.43	1104.96	824.88	80.00	60.32	838.53	816.10	60.71	59.68	21.8	23.3
3		0.907–0.082		0	0	0	0.571	1.15	2.48	—	—	—	6.29	6.45	6.30	1528.74	1497.81	1219.94	912.92	79.80	60.95	812.81	813.31	53.17	54.31	14.5	15.2
6		1.279–0.501		0	0	0	0.95	0.30	3.31	—	—	—	6.32	6.27	6.30	1245.30	1139.23	935.22	562.78	75.10	49.41	622.65	521.25	50.00	45.76	8.5 (2hrs) 22.0	22.0
9		1.232	0.184	0	0	0	0.67	0.82	1.67	—	—	—	6.30	6.70	6.80	953.79	558.65	524.59	231.64	55.01	41.40	912.92	389.69	95.85	69.75	17.5	—
12		2.182	1.290	—	—	2.02	2.95	1.79	2.71	—	—	6.36	6.18	6.54	6.18	647.50	769.70	235.12	193.02	36.38	25.09	509.81	—	78.68	—	29.0	27.5

F : Full-rigor type
P : Post-rigor type
pH : Value in drip
TN : Total nitrogen in drip (mg/100 ml)
PN : Protein nitrogen in drip (mg/100 ml)
HN : Heat coagulable nitrogen in drip (〃)

Table 7. Organoleptic test on the frozen skip-jack during storage at −17°C.

Period of storage months		Full-rigor type Colour surface	Colour muscle	Odour	Taste *	Firmness **	Post rigor type Colour surface	Colour muscle	Odour	Taste *	Firmness **
0	Fresh	Glossy white	Glossy red	None	+	1	Glossy leaden gray	Glossy reddish brown(fluorescence)	None	++	2
	After freezing	Bloodshot on eyes and neck	Slightly glosoy red	〃	+	2	Bloodshot on eyes and neck	〃	〃	+	3
1		Leaden whit	〃	〃	+	2	Leaden gray	〃	〃	+	3
2		〃	〃	〃	+	2	〃	〃	〃	+	3
3		Rancid at abdomen	Decrease red colour	〃	+	2	Rancid	Dark brown	〃	+	3
6		〃	Decrease glossy	〃	±	3	Freezer burn	〃	〃	±	3
9		Freezer burn	〃	〃	±	3	〃	〃	〃	±	3
12		Remarkable freezer durn	Light brown	Slightly fishy	±	3	Remarkable freezer burn	〃	Slightly fishy	±	3

*++ : Excellent + : Good ± : Borderline ** 1 : Remarkable elasticity, 2 : slightly elasticity, 3 : inferior elasticity, flesh soft

ドリップには流出液と圧出液の二種類があるが，この実験では流出液のみを測定し非硬直型は硬直型よりドリップ量が多い結果を得た．しかしてドリップ量と貯蔵期間との関係は解凍温度が実験の時期により異なつたため確認出来なかつた．なほ谷川ら[15]は流出，圧出の両液についてホッケ肉で研究し，凍結前の鮮度によつてそのドリップ量は変化し，新鮮な場合（硬直期）は少なく，鮮度が低下すると増加し，貯蔵期間の延長と共に増加することを認め，その成因として組織的な破壊よりは主として魚肉の脱水変性または塩類濃縮による塩折変性に基くものであると報告しているが，凍結前の鮮度についての結果は谷川らと一致する．

ドリップ中の全窒素は冷蔵期間と共に増加するが，$\frac{\text{蛋白態窒素}}{\text{全窒素}}$の値は減少の傾向で流出してくる窒素化合物は蛋白より低級なものであることが推定される．硬直，非硬直型の$\frac{\text{蛋白態窒素}}{\text{全窒素}}$および$\frac{\text{熱凝固性窒素}}{\text{全窒素}}$の値を比較すれば，前者は非硬直型が約30%少なく，後者はほとんど差がない様である．この様に硬直型のドリップ中の蛋白が非硬直型より多いがこれは鯨肉の解凍硬直とは趣が異るが，硬直型が非常に多量のドリップを流出するという現象[16]には類似している．さらに硬直型の蛋白態窒素の中熱凝固性窒素は約65～70%で一方非硬直型ではそれが90～99%であり，流出してくるドリップの成分上両者には大きな差が認められる．

pH 値は硬直型も非硬直型も筋肉の pH 値より高く且つ不規則な値を示したが，これは鰹の個体差によるものかあるひは他の原因によるかはなお検討を要する．

実験 III. 冷蔵保管中における官能検査

実験 II で用いた鰹魚体について食品的，商品的見地より，魚体表面の色調，油焼の有無，魚肉の色調，光沢，臭，味および感触について官能的な検査を行つた．その結果は第7表の通りである．実験に供した鰹は凍結完了後グレーズをかけずに保管したのであるが，3カ月目に腹部に多少の油焼けが見られ12カ月目には顕著になつた．肉の色，光沢は硬直型，非硬直型では著しい差はないが，いずれも3カ月目より生鮮時に比しやや劣つてきた．味は獣肉でもいわれる様に多少熟成したものが旨味があるようで，その点非硬直型がまさつている．感触では硬直型が弾力があるが6カ月以上になると落ちてくる．

要　　約

硬直型，非硬直型の鰹魚体を −28°C の静止空気中で凍結し，−17°C で1カ年冷蔵保管した後，約 20°C の静止空気中で解凍した場合の魚肉の水溶性および塩溶性蛋白の変性，脂肪の油焼け，ドリップ量およびドリップの蛋白量の変化，官能検査を行つた．

即ちミオシン（アクトミオシン）は硬直型では塩抽出され難く，凍結によりその溶解性は急に減少し，非硬直型では凍結の影響はみられない．なほミオシンは貯蔵期間が長くなるに従いその抽出量は減少することを認めた．

水溶性蛋白態窒素の値は貯蔵期間が長くなつても，硬直型，非硬直型双方ともあまり変化がない様である．一方塩溶性蛋白態窒素の値は硬直型，非硬直型とも一時増加が認められたが減少する傾向である．

油脂では3カ月後に I. V. が相当減少し，POV は増加して酸化されたことを示し（官能検査でも認めた）貯蔵期間と共に油焼けは益々進行した．この実験では油脂の変化と蛋白の変性との関連については明確にし得なかつた．

終りに本実験に色々御便宜を賜わつた東京水産大学岡田郁之助教授に，また実験用機械を快く貸与下さつた日本罐詰協会妹尾研究課長に厚く感謝の意を表します．

文　献

1) 田中和夫：水産食品の凍結貯蔵に関する基本的諸問題とその実験的研究(1958).
2) Dyer, W. J.: *Food Res.*, **16**, 522–527 (1951).
3) 天野慶之・尾藤方通・河端俊治：日水誌., **19**, 487–497 (1953).
4) 藤巻正夫・古城健三：日水誌., **19**, 499–504 (1953).
5) 野口栄三郎・山本常治：日本海区水研研究年報., **2**, 123–131 (1955).
6) ——・——：——., **2**, 141–145 (1955).
7) Kazuo Tanaka: *J. Tokyo Univ. of Fish.*, **44**, 25–37 (1958).
8) Nikkilä, O. E. and Linko, R. R.: *Food Res.*, **21**, 42–46 (1956).
9) ——：—— **19**, 200–205 (1954).
10) C. H. Lea: *Dept. Sci. Ind. Res. Rept. Food. Invest. Bd.*, 79–81 (1935).
11) W. A. MacCallum and W. J. Dyer, S. Curi, J. J. Simoncic, M. Kovacevic, D. C. Horne and R. J. McNeill, M. Krvaric, H. Lisac: *Food Tech.*, **10**, 432–438 (1956).
12) 小野豊樹：日水誌., **3**, 255–262 (1935)
13) 清水亘：水産利用学，145，金原出版 K. K. (1958).
14) 喜多源逸：油脂化学及び試験法，598，至文堂(1947).
15) 谷川英一・三浦庸夫・秋場稔：冷凍，**28**，294–304 (1953).
16) 田中武夫・田中和夫：——，**32**，6–23 (1957).

鰹肉の冷蔵保管中の変化—II*

組織切片の観察について

西元諄一・田中和夫
（東京水産大学）

On the Storage of Frozen Whole-round Skip-jack–II
Histological Study of the Frozen Skip-jack Muscle Tissue

Jun-ichi Nishimoto and Kazuo Tanaka

In order to fix some conditions to keep the quality of frozen whole-round skip-jack unchanged, a histological experiment was carried out.

The results obtained are as follows:

1) A little differences were observed between the tissue of the full-rigor type and that of the post-rigor type in the three diffiicult states, fresh, frozen and defrosted.

In the frozen state the tissue of full-rigor type was somewhat superior to that of post-rigor type, but after thawing the former was inferior to the latter, afrer the storage term of 1 or 2 months.

2) The state of the fibre-muscle of frozen tissue after one month of its storage was almost similar to that of the tissue observed immediately after freezing, and when they were defrosted, the fibres of the tissue stored for 1 and 2 months were similar in appearance to those of the fresh state (normal).

3) The frozen tissue stored for more than 3 months considerably changed, and that of above 6 months storage could not be restored to the normal state after thawing. The extractability of myosin (actomyosin) of the fresh ones and protein-N value of the drip decreased (as it was showed in previous paper) and intercellular splitting spreaded and the fibres were deformed and their arragement was disorganized.

4) The authors suggested that frozen skip-jack muscle stored at −17°C could be restored to the normal state when it was defrosted within 3 months after storage.

冷凍食品における組織学研究は非常に多く，例へば凍結組織の氷結晶の研究，[1] 冷蔵期間，[2] 融解法[3),4)] に関するものがみられる．著者らは良好なる冷凍食品を得る冷蔵条件を把握する手段としてこの方法を利用した．先に[5)] 鰹魚体を凍結し冷蔵保管せる場合の蛋白変性ドリップ量，官能検査等に関して種々論じたが，これらの鰹が −17°C の温度に冷蔵保管されている間に，その組織がいかに変化するかを観察したので以下にのべる．

実　　験

1. 試料

前報[5)] でのべた鰹肉を試料とした．

* 本報の要旨は，日本水産学会秋期大会（堺，34. 10）にて発表．

2. 方法

硬直型および非硬直型の鰹の背鰭中央皮下 1.0 cm の内部（血合肉は除く）を 3 mm角，長さ 8 mm の長方形にとり，ブアン液に 24 時間浸漬して固定した後，30, 50, 70, 90% および無水アルコールにて脱水し，アルコール・エーテル（1:1）混液にて脱脂後セロイジン包埋し，ミクロトームによつて各肉片の縦断，横断を切り，それを永久プレパラートに作製した[6]．染色はデラフィールドのヘマトキシリンおよびエオジンの複染色を行つた．

結果および考察

組織標本の顕微鏡観察

凍結鰹肉を組織学的に検討するには，筋肉繊維の間隙の多少，配列の整不整，繊維の緊縮と膨大，横紋の存否，繊維中の充実と空洞または小孔の開通，筋衣および細胞核の正常または崩壊等に注目してそれらの優劣を判定した．

（イ）0カ月の冷蔵保管（Fig. 1–Fig. 6）

硬直型：凍結前の生鮮状態では筋繊維の形，配列は整然とし，間隙は全くみられない．凍結状態で固定したものは生鮮状態のものと同様筋繊維の異状は認められず，解凍後固定したものは筋繊維の収縮がみられ，幾分膨潤している様である．

非硬直型：生鮮状態で固定したものは筋繊維の間隙が硬直型より大きくなつており，なほ配列，形が乱れている様である．これを凍結し，その状態で固定したものは，筋繊維の収縮がみられるが，繊維の形，配列は良好である．解凍したものでは硬直型の様な膨潤はみられず，縦断面にわづかに収縮がうかがえるが筋繊維の間隙は割合緻密となり復元性にとんでいる．

以上により凍結という操作の影響は硬直型，非硬直型双方共ほとんどなく，特に差をつけるならば非硬直が解凍した場合に生鮮状態に近いが，生鮮状態で硬直型，非硬直型の組織切片が異るので，凍結，解凍操作による復元性についての両者間の優劣は判別しがたい．

（ロ）1カ月の冷蔵保管（Fig. 7–Fig. 10）

硬直型：凍結状態で固定したものは筋繊維の形，配列は整然として，間隙はない．室温（約 24°C）で 6 時間解凍せる後固定したものは繊維の緊縮が明瞭で，凍結状態のものより幾分膨潤している様であるが生鮮時と大同小異である．

非硬直型：凍結状態で固定したものは繊維間隙が硬直型のそれより大きい．繊維の形，配列は割合良好で筋衣の破壊は全くない．これを解凍したものは復元性が大で繊維間隙は緻密になり，硬直中のものより膨潤が少い様である．

以上より 1 カ月間冷蔵保管のものは硬直，非硬直のいずれも組織検鏡よりは生鮮肉と大差ないものと考えられる．

（ハ）2カ月の冷蔵保管（Fig. 11–Fig. 14）

硬直型：凍結状態で固定したものは，1 カ月目のものより繊維の形がわづか不整となり，間隙も増大している．また縦断面では筋衣間の区別がはつきりしない．解凍したものでは繊維間隙はやや緻密になるが氷結晶成長のためか復元しないところもあり，繊維の形もやや不整である．

非硬直型：凍結状態では繊維間隙が甚しく大きくなつているが，繊維の形は割合に整つている．解凍すると繊維の状態や間隙は著しい変化はなく，ほぼ生鮮肉に近く復元する．

以上により2カ月冷蔵保管のものは凍結状態では繊維間隙が1カ月目のものより大きくなるが，解凍するとほぼ生鮮肉の状態近くなることがわかる．

（ニ）3カ月の冷蔵保管（Fig. 15–Fig. 18）

硬直型：凍結状態のものは繊維に空洞を生じたものが散見し，形も不整となつている．解凍しても繊維の形は不整で筋衣が明瞭でなくなる．

非硬直型：凍結状態では2カ月のものと同様に繊維間隙が大きくなり繊維の変化も著しい．解凍すると1，2カ月目の様に繊維間隙が復元せず，繊維の破壊がうかがわれ，形が不整となつている．

3カ月冷蔵保管のものは2カ月目のものより繊維の状態に変化を生じていることがわかる．

（ホ）6カ月の冷蔵保管（Fig. 19–Fig. 22）

硬直型：凍結状態のものは3カ月のものに比し一段と繊維の形は不整となり，配列は乱れ，間隙も大きくなつている．解凍しても繊維の破壊のためか筋衣は判別しがたく，甚だ不明瞭である．

非硬直型：凍結状態では繊維が一連のものとなり（横断），配列が著しく乱れている．もちろん間隙も大きい．これを解凍したものは割合に繊維も明瞭で良好であるが，繊維の間隙があり，配列も不整で一部の破壊もみられる．

6カ月の冷蔵保管のものは3カ月のものより一層復元性に乏しく，繊維間隙が大きく，配列が不整で筋衣の崩壊等もみられる．また前報における結果を参照すれば[5]この時期よりミオシン態窒素およびドリップ中の蛋白態窒素が減少の傾向をはつきり示している．

（ヘ）9カ月の冷蔵保管（Fig. 23–Fig. 26）

硬直型：凍結状態のものも解凍したものも6カ月と同様で良好なものでない．

非硬直型：6カ月のものと同じく繊維の間隙は大きく特に氷結晶の存在を示す繊維がみられる．

9カ月の冷蔵保管のものは6カ月のものと同様な状態でしかも氷結晶が成長して痕跡となつたものが顕著にみられ良好な状態でない．また前報[5]でみた様にミオシン態窒素は6カ月目より明らかに減少し，生鮮時より約20%も減少して魚肉の品質との関連性がうかがえる．

（ト）12カ月の冷蔵保管（Fig. 27–Fig. 30）

硬直型：凍結状態のものは繊維間隙を生じ筋衣が崩壊している様で，解凍すると繊維の形は不整で筋衣は不明瞭で繊維間隙が大きい．

非硬直型：凍結状態では筋衣が不明瞭で繊維の形も不整である．解凍したものは繊維間隙は大きく，筋衣は判別しがたく，甚だこのましくない状態となる．

12カ月に及ぶ冷蔵保管となると前報[5]で明らかにした様にミオシン態窒素もドリップ中の蛋白態窒素も減少がはつきりして，冷蔵保管中の蛋白の変性と魚肉の品質との関係が一層明確に認められた．

要　　約

1) 総体的に鮮度の極めてよい硬直型，それより劣る非硬直型との間にはいずれがよいか判定は難しいが，冷蔵初期（1，2カ月）では，凍結中の繊維状態は硬直型が良好で，解凍後は非硬直型が良い様に思われる．

2) 冷蔵保管期間1カ月目の筋肉繊維は凍結直後の正常なものと大差なく，解凍の場合0，1，2カ月のものは生鮮時と大同小異なることを認めた．

3) 3カ月冷蔵保管のものから月の経過と共に異状が増加し，6カ月以上になると復元性が乏しく，前報[5]でみた様にミオシン態窒素やドリップ中の蛋白にかなりはつきりした減少がみられまた繊維間隙は大きく，形は不整となり，配列は乱れ，筋衣の崩壊等もみられ甚だこのましくないものとなつた．

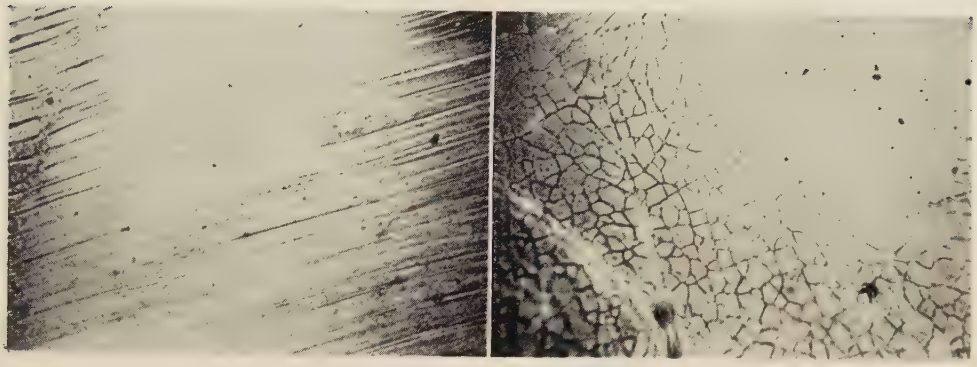
4) 凍結鯨肉は解凍して利用するものであるから，解凍した時生鮮時の状態に復帰することが望ましいが，この結果より −17°C の冷蔵保管では3カ月目まではほぼ生鮮時の状態に戻るものと思われる．

終りに本実験遂行にミクロトームを貸与下さつた東京水産大学三村卓雄教授に厚く感謝の意を表します．

文　　献

1) 奥野　博：日水誌., **4**, 259 (1935).
　　————：————, **5**, 382 (1937).
　　　　：————, **6**, 341 (1938).
2) 妹尾秀実：南氷洋産冷凍鯨肉に関する研究報告 (1952〜54), 107 (1954).
3) ————：———————————— (1950〜51), 60 (1951).
4) ————：冷凍, **18**, 216, 11 (1943).
5) 西元諄一・田中和夫：本誌, **8**, (1959).
6) 緒方知三郎編：病理組織顕微鏡標本の作り方手ほどき，南山堂，11版 (1957).

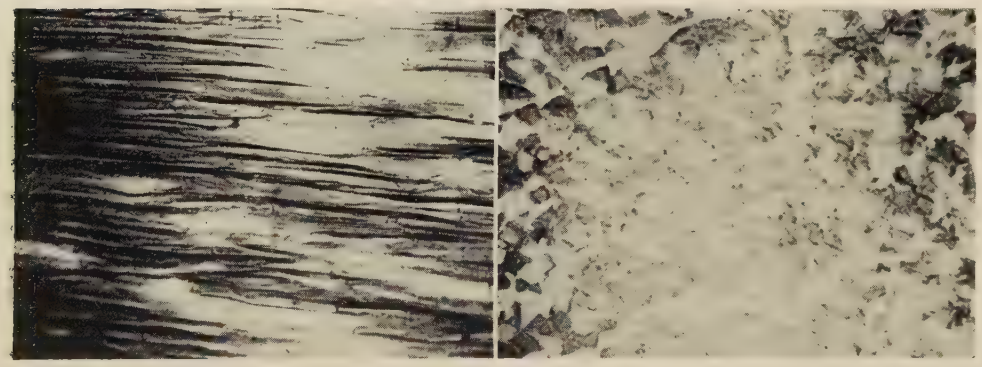
Stored for 0 month
Fresh muscle tissue
Full-rigor type



(Vertical section) ×40 (Horizontal section) ×40

Fig. 1.

Fresh muscle tissue
post-rigor type

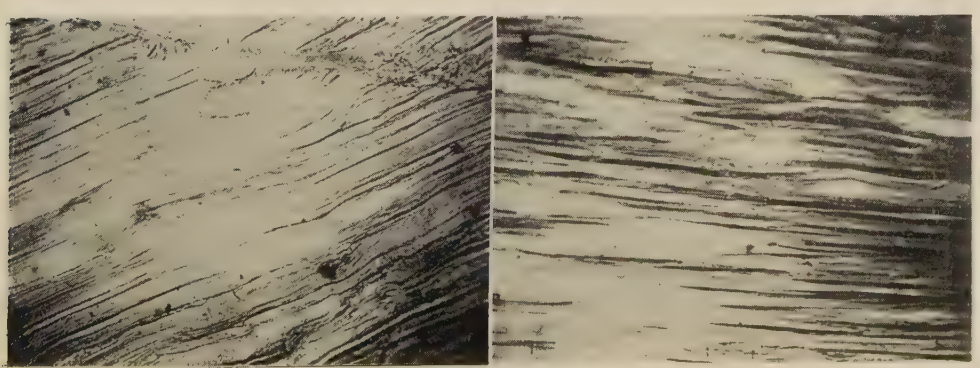


(Vertical section) (Horizontal section)

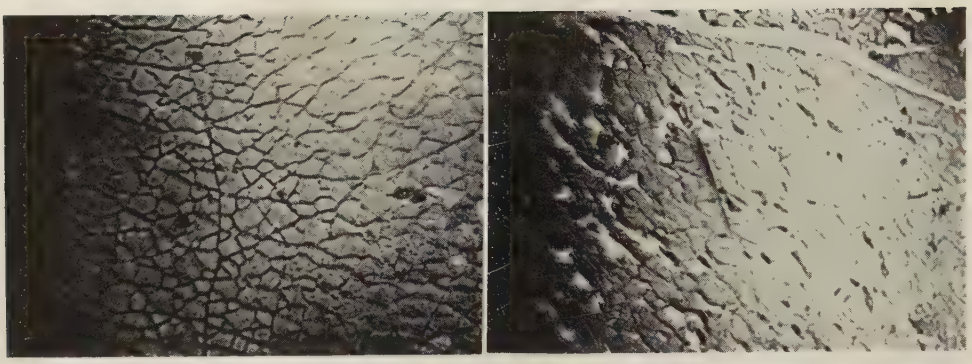
Fig. 2.

Stored for 0 month
Full-rigor type

Frozen state Defrosted state



(Vertical section) ×40



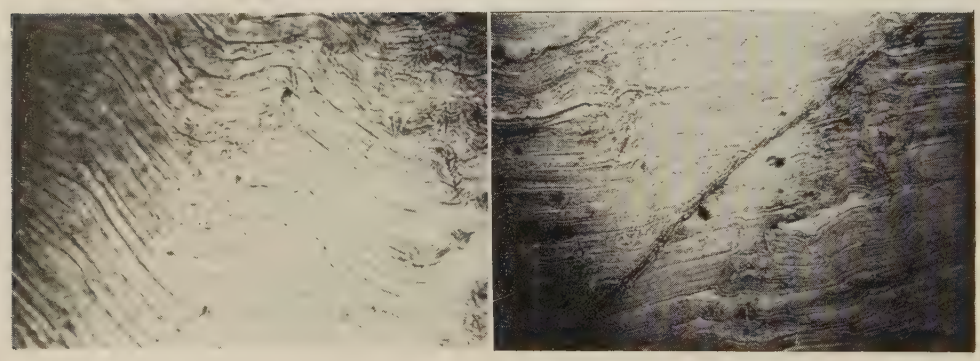
(Horizontal section) ×40

Fig. 3. Fig. 4.

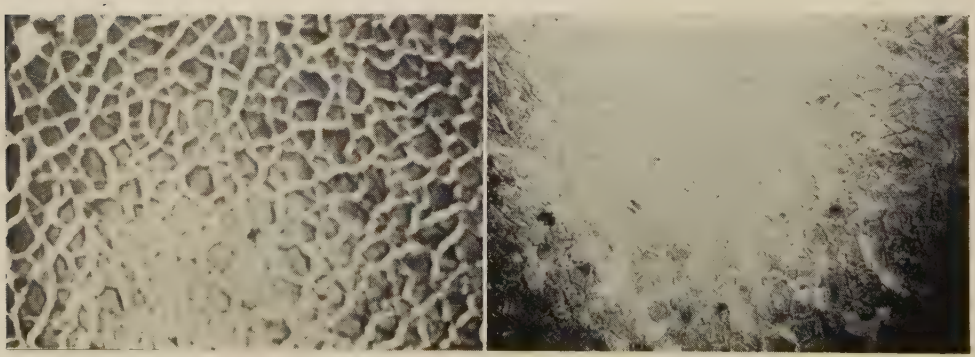
Stored for 0 month

Post-rigor type

Frozen state Defrosted state



(Vertical section) ×40



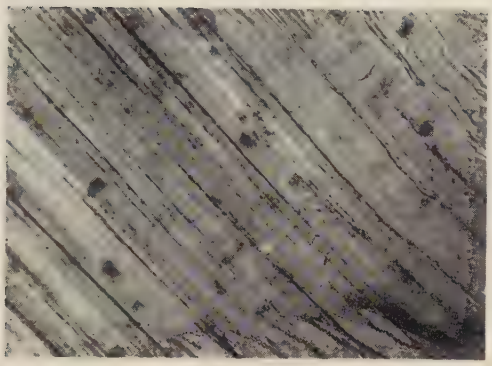
(Horizontal section) ×40

Fig. 5. Fig. 6.

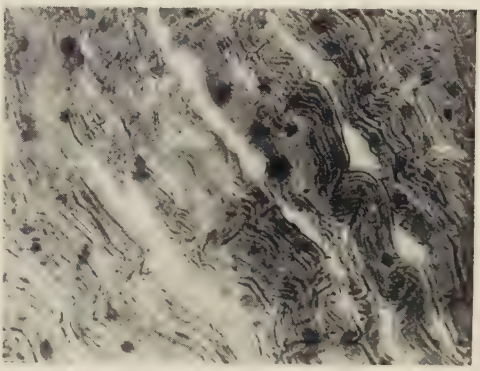
Stored for 1 month

Full-rigor type

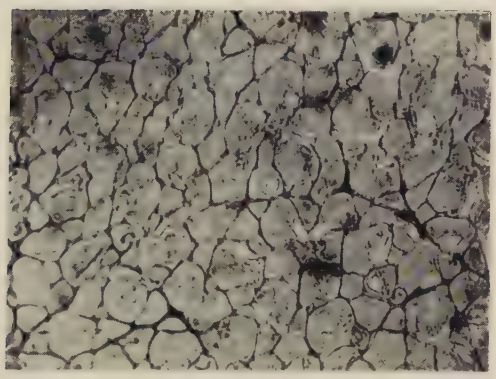
Frozen state

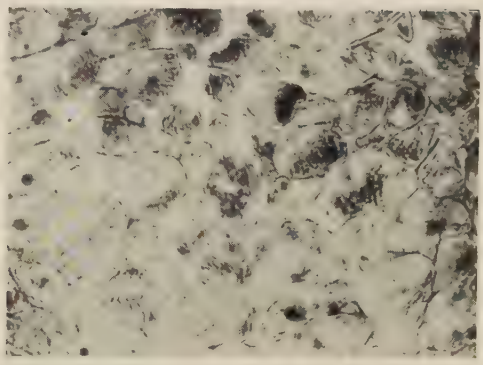


Defrosted state



(Vertical section) ×80





(Horizontal section) ×80

Fig. 7.

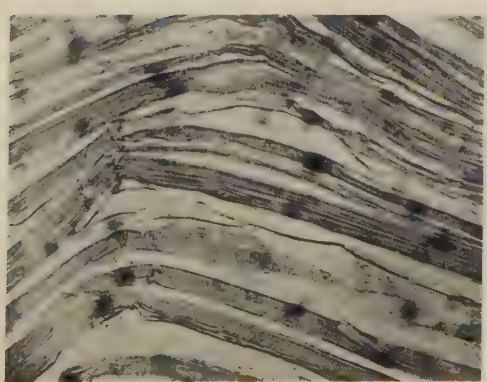
Fig. 8.

Stored for 1 month

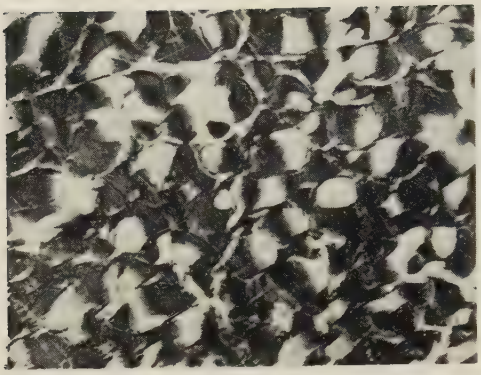
Frozen state

Post-rigor type

Defrosted state



(Vertical section) ×80



(Horizontal section) 80

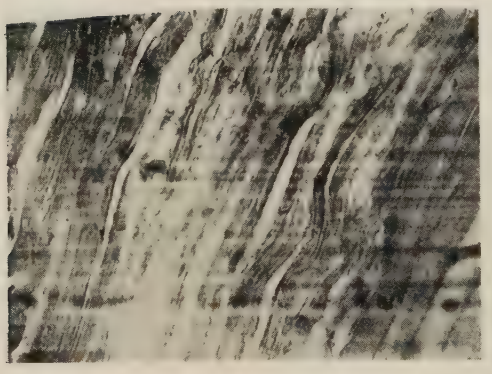
Fig. 9.

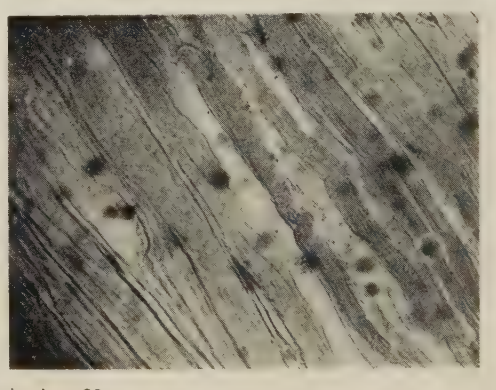
Fig. 10.

Stored for 2 months
Full-rigor type

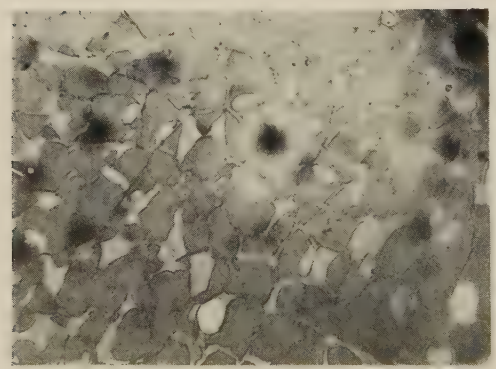
Frozen state

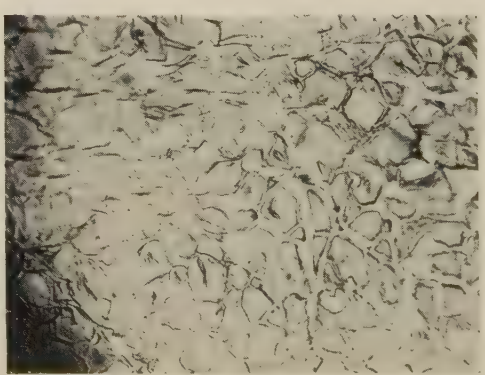
Defrosted state





(Vertical section) 80





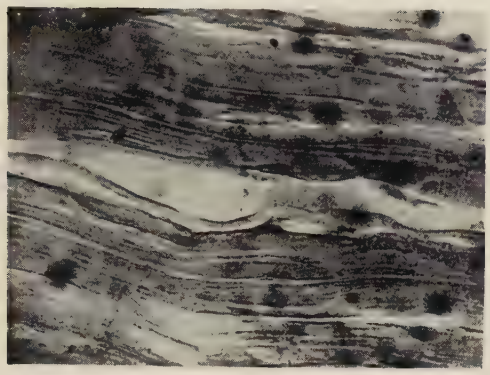
(Horizontal section) 80

Fig. 11.

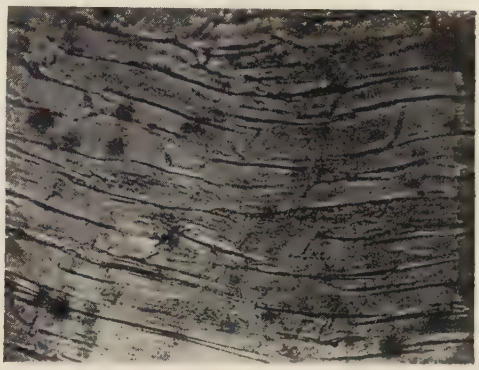
Fig. 12.

Stored for 2 months
Post-rigor type

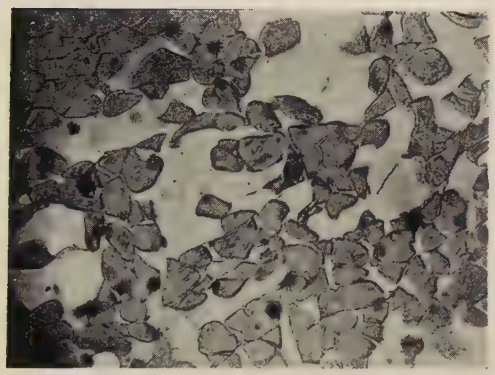
Frozen state

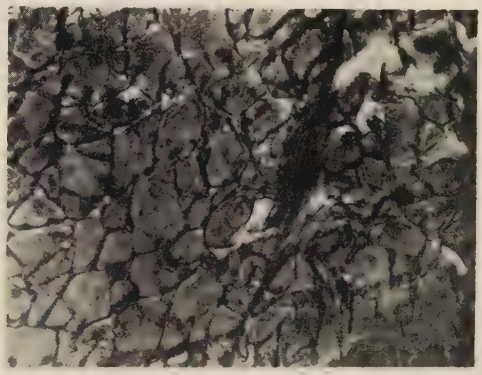


Defrosted state



(Vertical section) 80





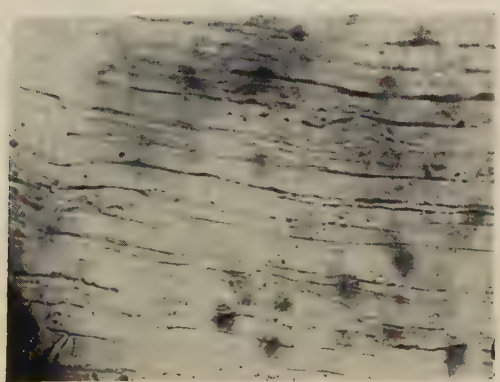
(Horizontal section) ×80

Fig. 13.

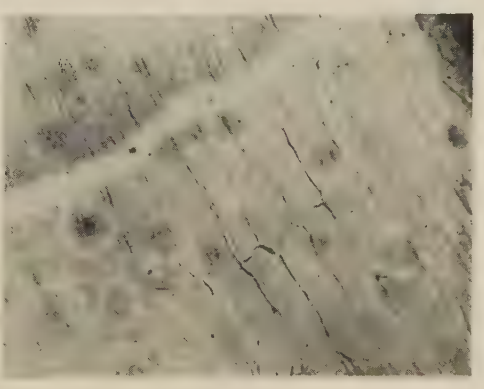
Fig. 14.

Stored for 3 months
Full-rigor type

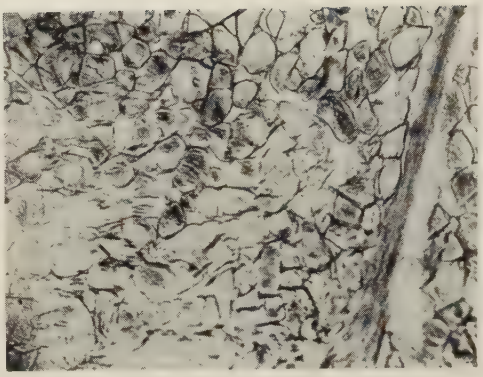
Frozen state



Defrosted state



(Vertical section) ×80



(Horizontal section) ×80

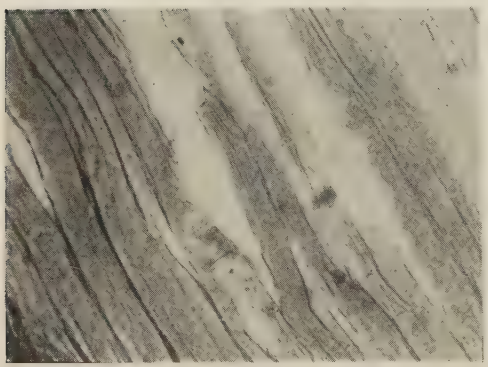
Fig. 15.

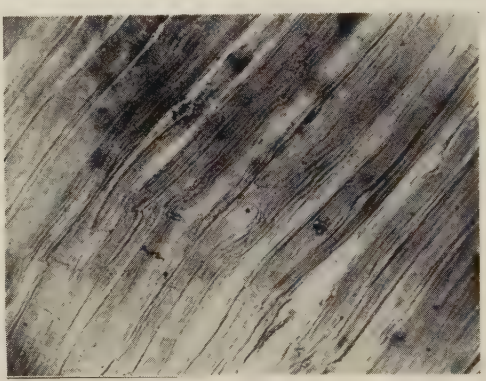
Fig. 16.

Stored for 3 months
Post-rigor type

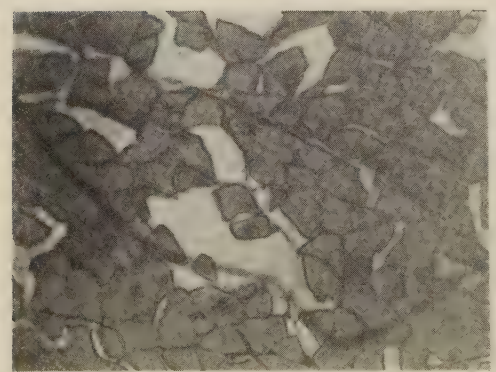
Frozen state

Defrosted state





(Vertical section) ×80



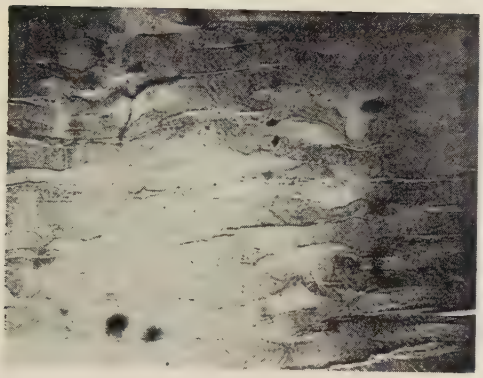
(Horizontal section) ×80

Fig. 17.

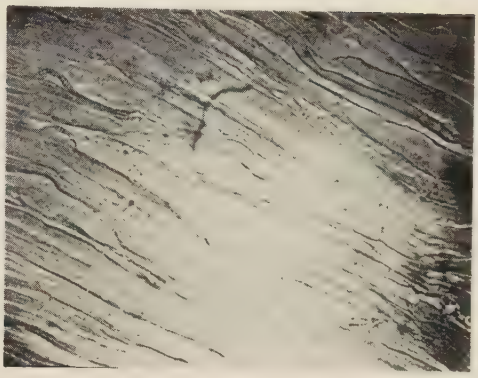
Fig. 18.

Stored for 6 months
Full-rigor type

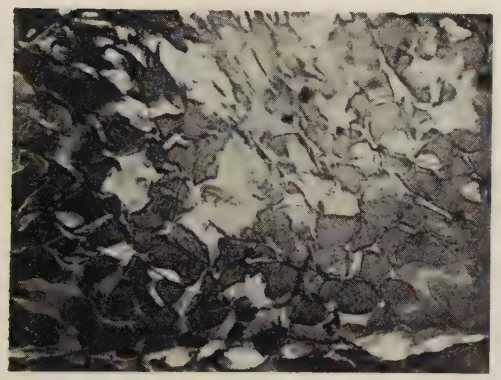
Frozen state

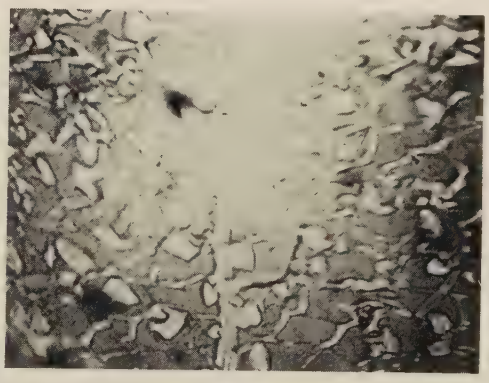


Defrosted state



(Vertical section) ×80





(Horizontal section) ×80

Fig. 19.

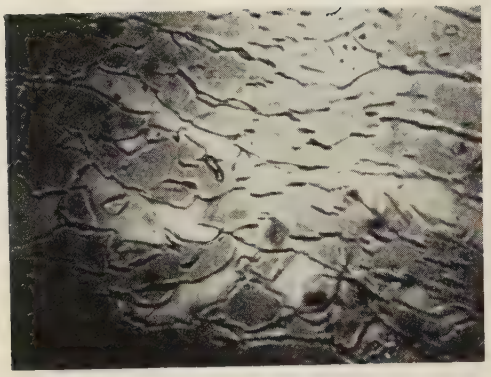
Fig. 20.

Stored for 6 months
Post-rigor type

Frozen state

Defrosted state

(Vertical section) ×80



(Horizontal section) ×80

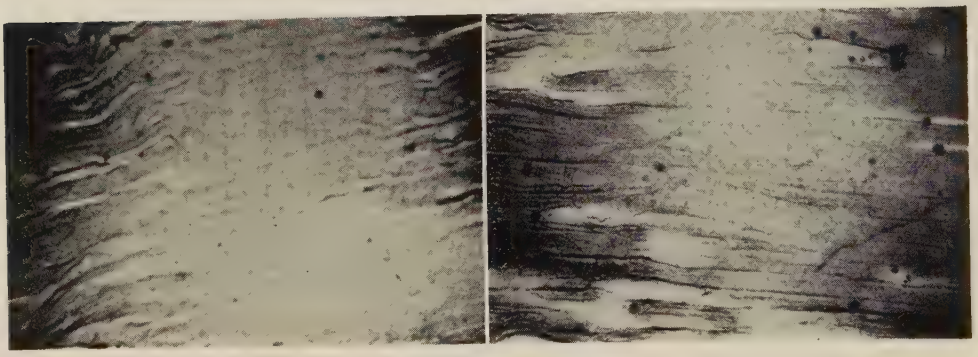
Fig. 21.

Fig. 22.

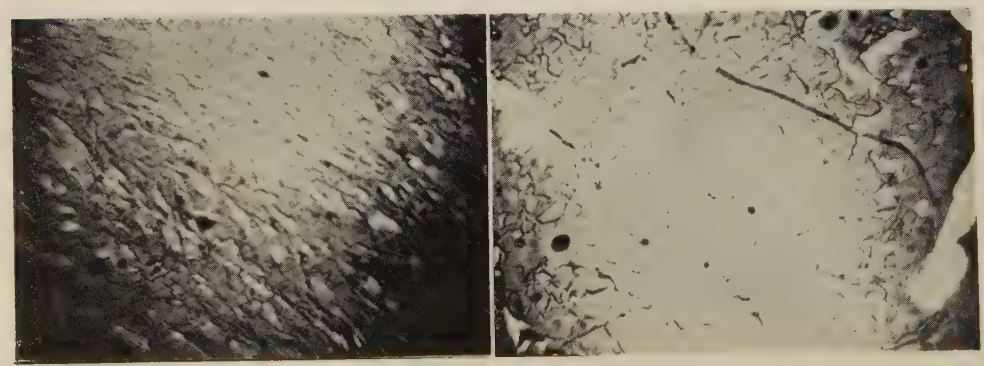
Stored for 9 months
Full-rigor type

Frozen state

Defrosted state



(Vertical section) ×40



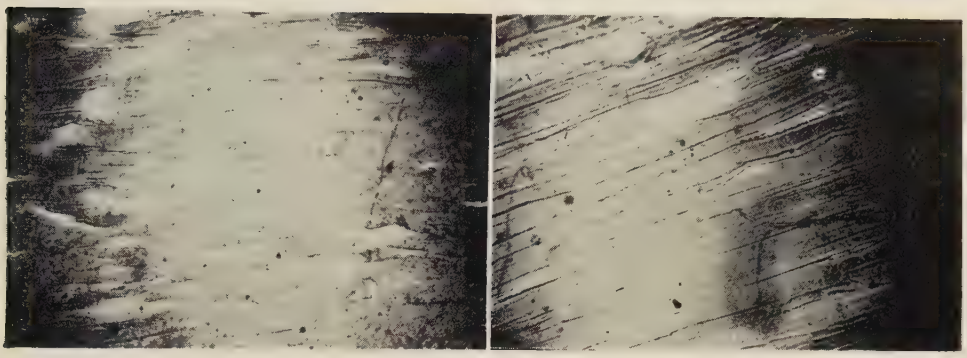
(Horizontal section) ×40

Fig. 23.

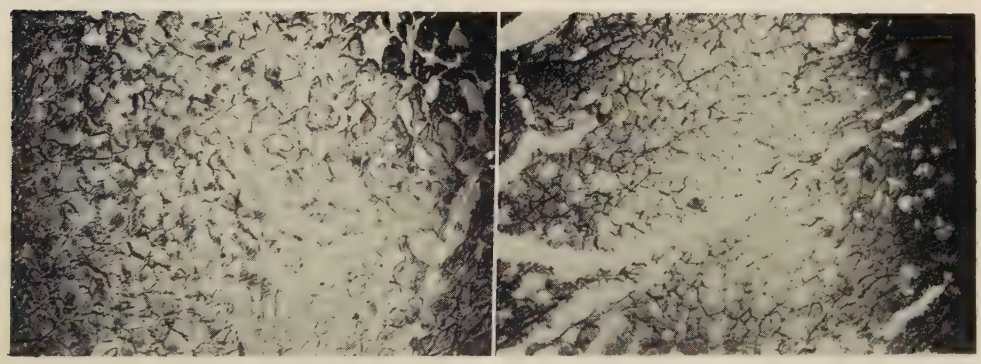
Fig. 24.

Stored for 9 months
Post-rigor type

Frozen state | Defrosted state



(Vertical section) 40

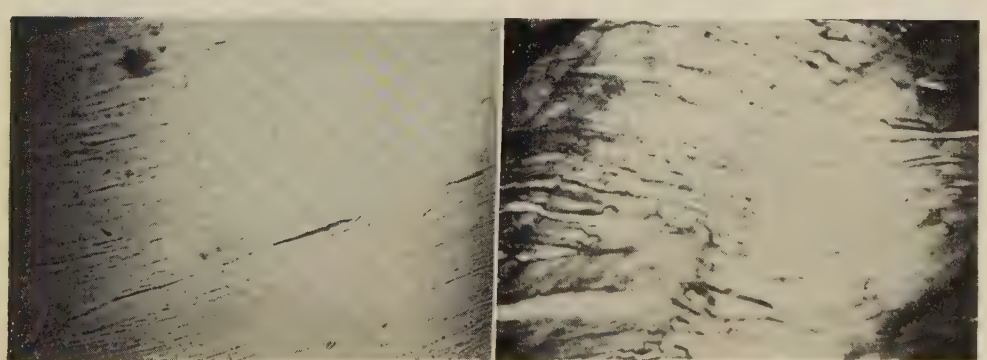


(Horizontal section) 40

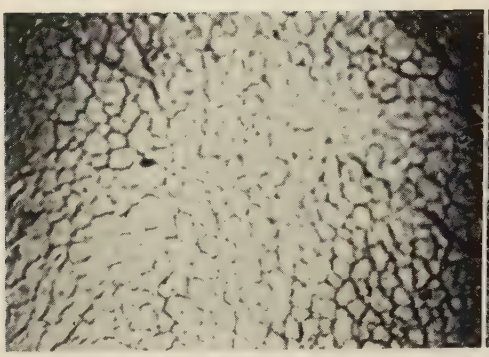
Fig. 25. Fig. 26.

Stored for 12 months
Full-rigor type

Frozen state | Defrosted state



(Vertical section) 40



(Horizontal section) ×40

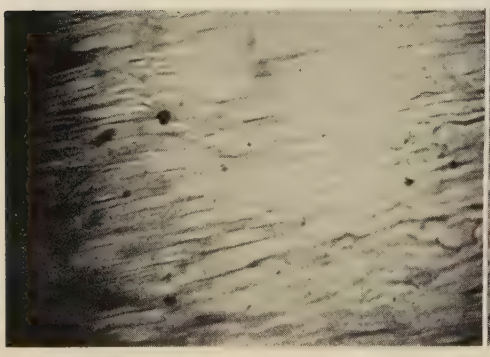
Fig. 27.

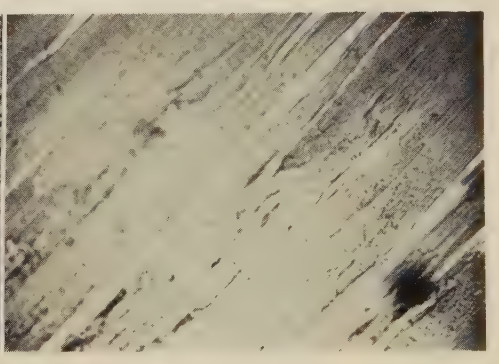
Fig. 28.

Stored for 12 months
Post-rigor type

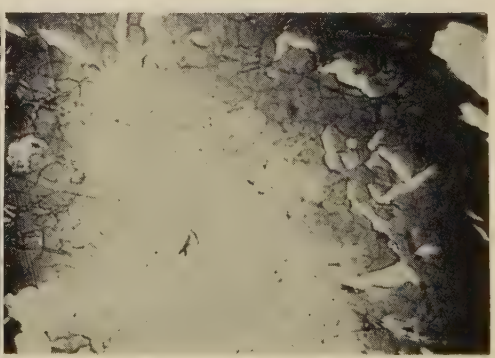
Frozen state

Defrosted state





(Vertical section) ×40



(Horizontal section) ×40

Fig. 29.

Fig. 30.

魚類の肉質変化に関する生化学的研究—XI*

魚肉 actomyosin 区による ATP の分解

日高富男・斎藤　要

Studies on the Biochemical Change in Fish Muscle–XI
On the Enzymic Degradation of ATP by Unpurified Actomyosin Fraction of Fish Muscle

Tomio Hidaka and Kaname Saitō

In this paper, we dealt with the enzymic degradation of ATP shown by unpurified actomyosin fractions prepared from muscle of mackerel, in the following elements, the amount of inorg. –P, NH_3 and adenosine polyphosphate. The results obtained were summarized as follows.

In the actomyosin fraction, the activity of AMPdeaminase was distinctly observed (Fig. 1). Then the amount of NH_3 and inorg. -P in the mixed solution of ATP and the actomyosin fraction showed comparatively rapid increase at the beginning of the enzymic reaction (Table 1 and Fig. 2). In this stage, the amount of ATP and ADP fraction in the same solution showed a reducing tendency (Fig. 3). On the other hand, when the actomyosin fraction was held at 50°C. for 30 min., the mixed solution showed no considerable change in amount of inorg. -P and ATP (Table 2 and Fig. 4).

Moreover, the quantity of inosine fraction which was derived from the breakdown of AMP fraction, increased rapidly in the solution to be almost the same in both case above mentioned (Fig. 3 and 4).

According to these results, it was considered that the activity of ATPase (ATP⇄ADP+Pi), myokinase (2ADP⇄ATP+AMP) and AMPdeaminase (AMP⇄IMP+NH_3) was present in the unpurified actomyosin faction of fish muscle.

前報[1]において著者等は魚類筋肉中の AMPdeaminase の酵素学的性質を明らかにし，且つ魚肉の actomyosin 区に ATPase 作用と共にかなり顕著な AMPdeaminase 作用を認めた．筋肉中の myosin 系蛋白質はそれ自体筋肉蛋白の主要成分をなし，筋肉収縮機能の構成体であり，同時に adenosine polyphosphate を分解する数種の酵素系を含む酵素集団であることが知られている．斎藤，新井等[2]はコイ肉の死後経過時間に伴う核酸系化合物の変化を追跡し，その変化の過程は ATP→ADP→AMP→IMP→inosine→hypoxanthine なる段階を踏んで分解されるものと推測している．また古江[3]は glycerin 処理筋を ATP で短縮した場合に急速な無機燐酸（Pi）の生成に伴う NH_3 の発生を認め，これは AMP, adenine から脱アミノされたものと報告している．

著者等は in vitro の条件において ATP に魚肉の actomyosin 区を作用させた場合も ATP の脱燐酸により遊離する Pi の他に NH_3 を発生することを見出し，その変化の過程を Cohn & Carter[9]のイオン交換樹脂に依る adenosine polyphosphate 定量法で追求し，actomyosin 区中に含まれる数種酵素の関連性の解析を試みて若干の知見を得た．

---

* 本報告の一部は 1958 年 4 月　日本水産学会年次大会（東京）で発表した．

実 験 方 法

1. actomyosin 区液の調製. 前報[1] 同様サバ肉より氷冷 BAILEY 液 10 倍量で 4～5 時間抽出した後遠沈, その抽出原液に 20 倍量の氷冷水を加えて放置し, 析出する actomyosin 沈澱を集めて終濃度 0.5 M KCl 液に溶解したものである. この際本実験の目的からより以上の精製は行わなかつた.

2. adenosine polyphosphate の分析法. COHN & CARTER 等のイオン交換法に準じた宮崎[4], 斎藤等[2] の方法を用いた.

樹脂: Amberlite IRA–400 を宮崎等[4] の方法に依つて前処理したものを 1.0 cm²×12 cm の樹脂柱として使用した.

展開液: 0.01 N NH_4Cl…… I 液 (adenine, adenosine 区分)
0.003 N HCl…… II 液 (AMP 区分)
0.02 N NaCl, 0.01 N HCl …… III 液 (ADP 区分)
0.2 N NaCl, 0.01 N HCl …… IV 液 (ATP 区分)

展開液の流速は 1ml/min. とした.

測定: 各流出液を 20ml 毎に分割し, 日立分光光度計 (EPU–2 型) にて 250 mμ, 260 mμ の吸光値を求めた.

3. NH_3 定量法. NH_3 は柴田製微量拡散検測器を用いて CONWAY[5] の微量拡散法にて定量した.

4. 無機燐酸 (Pi) 定量法. FISKE & SUBBAROW 法[10] にて比色定量した.

実 験 結 果

1. AMPの分解による Pi, NH_3 の生成

AMP 液(0.25%)7.5 ml, 酢酸緩衝液(PH 6.5) 25 ml, actomyosin 区液(protein–N 60 mg%) 10ml を混和, 38°C に放置する. 所定時間後反応液 5 ml をとり 4% HCl 2 ml を添加して反応を止め, 遠沈してその上清について NH_3 と Pi を定量した. 反応時間 0 における夫々の量を対照値として, 各時間後における定量値より差引き生成量を算出した. その結果は Fig. 1 の如くである. この結果より前報[1] でも報告した通り actomyosin 区によつて AMP は脱アミノされ NH_3 を生成することは明らかである. その生成量は 反応初期 20 分間頃までは急激に増加し, その後徐々に増して反応 60 分間 後の NH_3 量は反応液中の AMP を脱アミノして生じ得る NH_3 計算量の約 85% 位に 達している. 之に対し AMP から脱燐酸する作用は全くみられず, Pi の増加は認められなかつた.

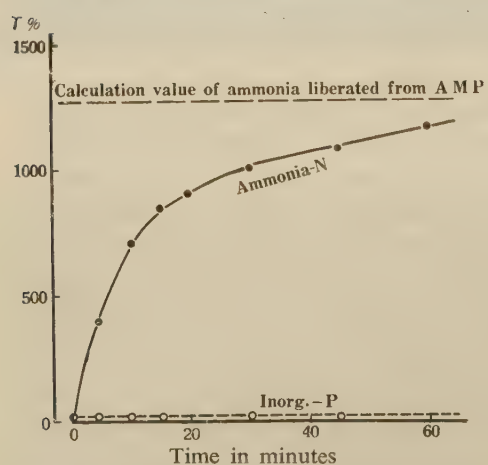


Fig. 1. Changes in amounts of inorg.–P and NH_3 liberated from AMP by the enzymic action of actomyosin fraction isolated from mackerel muscle.
〔AMP〕: 1.3×10^{-3} Mol/L, Acetate buffer at pH 6.5, Incubated at 38°C.

2. ATP の分解による Pi, NH_3 の生成

魚肉 actomyosin 区–ATPase 作用の最適 pH は pH 9.0 にあり，AMPdeaminase のそれは pH 6.5 であるが，ATPase は pH 6.5, AMPdeaminase は pH 9.0 においてもかなりの活性を有し夫々最適条件にて反応させた時の 70～90% の活性を示す（前報参照）．又両酵素系は其他の作用条件にも類似性があるので，ATPase と AMPdeaminase とが共存している actomyosin 区を ATP に作用させた場合これらの酵素は同一条件においても何等かの関連をもつて ATP の分解に与る事が推察される．そこで ATP を pH 6.5, pH 9.0 の条件にて actomyosin 区で分解し Pi と NH_3 の量的変化を検討してみた．即ち ATP 液（Δ 7 P 23mg%）5ml, 緩衝液（glycine-NaOH 緩衝液 pH 9.0 又は酢酸緩衝液 pH 6.5）5ml, 0.18 N $CaCl_2$ 液 0.5ml, actomyosin 区液（protein-N 55mg %）10ml を混和，30°C に放置して反応させる．所定時間後反応液 2 ml をとり 5 % TCA 5ml 加えて反応を止め，遠沈してその上清について Pi と NH_3 を定量した．反応時間 0 における夫々の量を対照値として各時間後の定量値より差引き生成量を算出した．その結果は Fig. 2 の如くであつて，Pi 生成量は pH 9.0 と pH 6.5 とでは後者の方が生成量は大きく，又通常精製した actomyosin 区–ATPase では ATP の一つの Pi を遊離するに止まるとされており，実際充分に精製した actomyosin 区ではその事を裏付けする実験結果[11] を得ているが，本実験では供試 ATP の理論的 1 Pi 量より多い Pi を遊離するする結果であつた．この事実は本実験で用いた actomyosin 区による分解反応が ATP から ADP の過程で止まらず更に脱燐酸されていく事を示し，actomyosin 区中に ADPase 又は myokinase の存在が考えられる．一方 NH_3 生成量は反応の進行に従い Pi 生成と同様の傾向で増加し，pH 6.5 における NH_3 の生成量は pH 9.0 の場合の約 2 倍量に達している．即ちこの反応系では deaminase 作用も正常な酵素反応を行つているものと推測される．この際の NH_3 生成量は計算値の 80%程度におよんでおり，AMP に作用させた場合と同様の分解率を示している．この NH_3 を発生する母体が AMP であるとすれば，さきの脱燐酸の過程と考え合せて ATP が AMP にまでなる経過を段階的に追跡しなければならない．

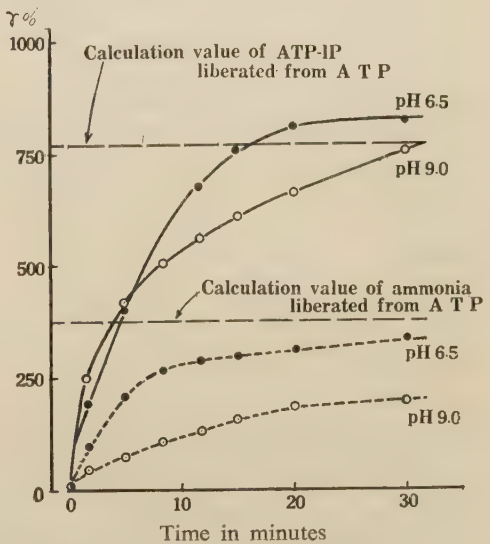


Fig. 2. Changes in amount of inorg. –P and NH_3 liberated from ATP by the enzymic action of actomyosin fraction isolated from mackerel muscle.
〔ATP〕: 9×10^{-4} Mol/L, Acetate buffer at pH 6.5 or glycine-NaOH buffer at pH 9.0, Incubated at 30°C.
———— Amount of inorganic phosphate
- - - - - - Amount of ammonia-N

3. ATP 分解液の adenosine polyphosphate

所定条件下で ATP に actomyosin 区を作用させて生ずる ATP 分解物を分割定量して ATP の分解過程と特に NH_3 の生成母体を明らかにしようと考え次の実験を試みた．即ち ATP 液

Table 1. Amounts of inorg. -P and NH_3 liberated from ATP by the enzymic action of actomyosin fraction isolated from mackerel muscle. (γ%)

Incubation time (minutes)	0	5	15
Inorg. -P	0	1690	1790
NH_3-N	0	290	510

〔ATP〕: 9×10^{-4} Mol/L, Glycine-NaOH buffer at pH 9.0, Incubated at 30°C.

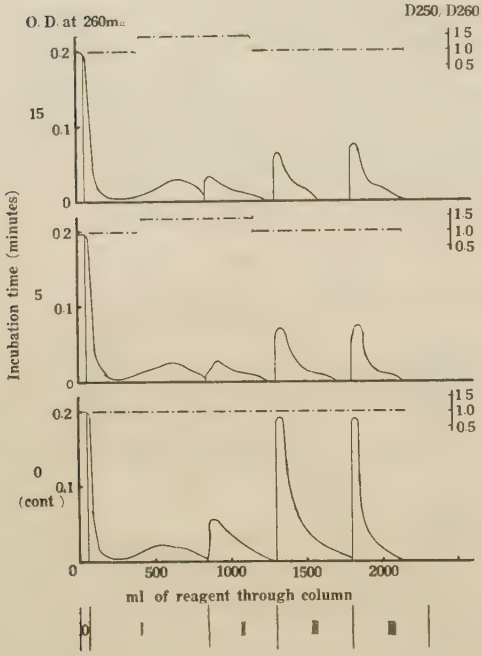


Fig. 3. Changes in amount of adenosine phosphate liberated from ATP by the enzymic action of actomyosin fraction isolated from mackerel muscle.

〔ATP〕: 9×10^{-4} Mol/L, Glycine-NaOH buffer at pH 9.0, Incubated at 30°C.

Exchanger;

Amberlite IRA-400, 1.0 $cm^2\times$12.0 cm, 100 –300 mesh.

Eluting solution;

0 ..... Passed solution
I ..... 0.01 N NH_4Cl (adenine, adenosine fraction)
II ..... 0.003 N HCl (AMP fraction)
III ..... 0.02 N NaCl in 0.01 N HCl (ADP fraction)
IV ..... 0.2 N NaCl in 0.01 N HCl (ATP fraction)

Flow speed: 1.0 ml/min.

The conditions of exchanger and eluting solution are applicable in Fig. 4.

3 ml, 緩衝液 3 ml, 0.18N $CaCl_2$ 0.3 ml, actomyosin 液 6 ml を 50ml 容フラスコにとり 30°C で所定時間放置し，直ちに 5% TCA 15ml を添加し反応を停止して東洋濾紙 No. 5C で濾過，その濾液の一部で Pi, NH_3 を定量，別に残液を NH_4OH で pH 8～9 とし，予め準備したイオン交換樹脂柱で adenosine polyphosphote を分割測定した．adenine 系物質は 260mμ の吸光値で表わし，又 inosine の混在を観知するため D250/D260 を算出し図示した．

ATP の分解過程：反応時の pH 条件を glycine–NaOH 緩衝液 pH 9.0 とし ATP に actomyosin 区を対照，5，15 分間作用させ，各々について Pi と NH_3 の生成量とイオン交換法で求めた溶離曲線を示すと Table. 1 及び Fig. 3 の如くである．Table. 1 によると Pi は反応 5 分間で急増し，反応後 5～15 分の間では増加量が少い．NH_3 量も反応初期 5 分間に比し，反応後 5～15 分間の増加量は少い．次いで Fig. 3 の溶離曲線を観察すれば，対照にも IV 液区分の他に I, II, III 液区分に溶離物が見られるが D250/D260 は全区分を通じて 1.0 又はそれ以下である．5 分間，15 分間分解液の溶離曲線では対照に比し III, IV 液区分は減少しており，しかも IV 液区分の減少にくらべ III 液区分の減少もかなり大きい．これらにおいても III, IV 液区分の D250/D260 は 1.0 以下で全く inosine の出現は認められないが，I, II 液区分では D250/D260

が 1.5 附近となり AMP, adenine が脱アミノされて IMP, inosine に変る機構の存在することがうかがわれる．一方 III, IV 液区分の D250/D260 値が 1.0 以下であることよりこの区分に inosine 系物質の混在は否定され，ATP 及び ADP は脱アミノされていないとみられるから ATPdeaminase, ADPdeaminase の作用は一応考えられない．

熱処理 myosin 区による ATP の分解：ATP の分解に供する actomyosin 区を予め 50°C, 30 分間加熱処理して ATPase を破壊した状態の区分と無処理の区分とに分かち，それらによる ATP の分解過程について検討した結果は Table. 2, Fig. 4 の如くである．Table. 2

Table 2. Amounts of inorg. -P and NH_3 liberated from ATP by the enzymic action of actomyosin fraction kept at 50°C. for 30 minutes. (γ %)

Incubation time (minutes)	0	15	15*
Inorg. -P	0	160	1280
NH_3-N	0	440	640

〔ATP〕: 1.5×10^{-3} Mol/L, Acetate buffer at pH 6.5, Incubated at 30°C.
* The result was obtained from actomyosin fraction without the heating treatment.

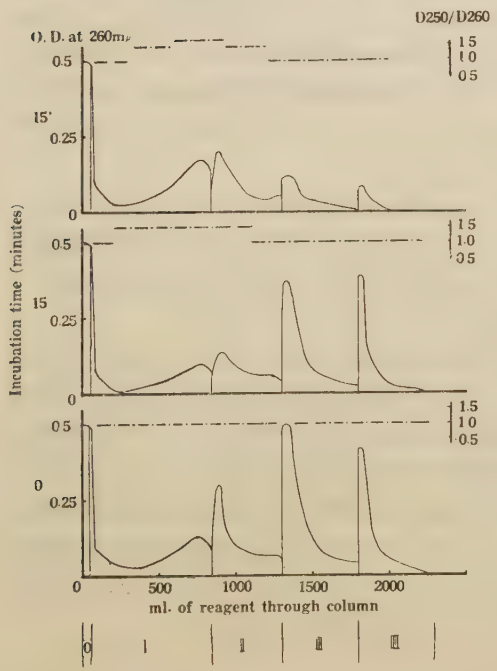


Fig. 4. Changes in amount of adenosine phosphate liberated from ATP by the enzymic action of actomyosin fraction kept at 50°C. for 30 min.
〔ATP〕: 1.5×10^{-3} Mol/L, Acetate buffer at pH 6.5, Incubated at 30°C.
* The result was obtained from actomyosin fraction without the heating treatment.

より対照に比し熱処理 actomyosin 区による分解液は Pi が僅かに増すのみであるが NH_3 の増加は大きく deaminase 作用が優位に作用していることが諒解される．無処理 actomyosin 区による分解液では Pi, NH_3 共に著しい量の生成が認められた．これらの反応液中における adenosine polyphosphate の変化を Fig. 4 の溶離曲線より検討すれば，熱処理 actomyosin 区による分解液は対照（作用時間 0 分）に比し，IV 液区分の減少はごく少ないが III 液区分の減少は大きい．又 III 及び IV 液区分の D250/D260 は 1.0 以下であり，I 及び II 液区分のそれは 1.5 附近を示し，I 及び II 液区分においては脱アミノの傾向が認められる．これに対し無処理 actomyosin 区による分解液では III, IV 液区分共に相当減少しており，このものでも I, II 液区分で脱アミノされ III, IV 液区分では脱アミノの形跡は認められない．

考　　察

以上の結果を酵素集団と見做される actomyosin 区の諸酵素作用（ATPase, myo-

kinase, AMPdeaminase, ADPdeaminase 等）と関連づけて若干の考察をすれば，先づ Fig. 3 の結果より本実験で基質に供した ATP 液の中に ADP, AMP が混在していることが知られた．この様な基質に actomyosin 区を作用させれば，actomyosin 区中の ATPase は ATP に作用して Pi を遊離し，又 ADPdeaminase は混在する ADP と ATP から脱燐酸されて生じた ADP を脱アミノし AMPdeaminase は AMP を脱アミノして夫々 NH_3 を生成することが推察される．しかし実験の結果では ADP は脱アミノされた形跡がないので ADPdeaminase は作用していないものと一応考えられる．又本実験の反応で ATPase が ATP の 1Pi のみを遊離し，混在する AMP のみが deaminase により脱アミノされて NH_3 を生成すると云う単純な過程を経たにしては検出された Pi 及び NH_3 生成量が余りにも多いようである．従つて ATP が脱燐酸して ADP となり ADP が更に AMP となつて脱アミノされてゆく段階が存在し得ることも考えなければならない．ATP が ADP を経て更に AMP になるには，先づ ATP が ATPase によつて ADP となり次いで ADPase によつて AMP になる過程と，最近ある種の動物の actomyosin 区分に発見された ATP から直接 2Pi を脱燐酸して AMP にする酵素,[6] 又は ATP→ADP＋Pi, 2ADP→ATP＋AMP (myokinase) の作用とが注目される．

Fig. 3 の溶離曲線によれば反応進行に伴い ATP と ADP が共に分解減少する傾向がみられ ATP の減少に比し ADP の減少がかなり大きく，又 Fig. 4 に示した如く ATPase を破壊した actomyosin 区を作用させた場合 ATP は殆んど減少せずに ADP の方の減少が大きく，しかもかなりの NH_3 量を生成することは myokinase, AMPdeaminase が作用している可能性が考えられる．しかしこの場合の反応系では ATP の再合成を伴うことになるがこれを確認するに充分な結果は得られなかつた．

myokinase は安定な酵素であつて粗製の actomyosin 区に含まれる事は知られており，且つ作用条件も ATPase, AMPdeaminase のそれに類似している[8] ので充分この実験条件で作用し得る．従つて myokinase の介在を考えれば ATP→ADP＋Pi, 2ADP→ATP＋AMP, AMP→IMP＋NH_3 の分解経路が推測される．

以上述べた如く筋肉中から抽出した actomyosin 区を in vitro の状態で ATP に作用させた場合も actomyosin 区中の酵素系がよく関連して作用し，死後筋肉中において予想し得る ATP の段階的分解過程と同様の変化を再現させ得るようである．この過程は魚肉の場合もウサギ肉同様かなり複雑で，軟体動物の筋肉中には存在しないと云われている AMPdeaminase も明らかに検出され，現段階では獣肉等に比しその機構が材料的に単純化されている傾向は殆んど認められず，魚肉においても adenosine polyphosphate 系物質に対する actomyosin 系蛋白の酵素学的意義の大きいことは明らかで，これらの作用が魚肉の自己消化過程における肉質の変化に関与していることは推察し得る．

要　　約

鮮度良好なサバの筋肉より抽出した未精製の actomyosin 区を ATP に作用させた場合の分解生成物の変化について検討し次の結果を得た．

ATP に actomysin を作用させると Pi 及び NH_3 の著しい生成並びに ATP と ADP 区分の明らかな減少が認められたのに対し，加熱処理（50°C, 30 分間）をした actomyosin

区を作用させた場合は Pi の生成及び ATP 区分の減少は殆んど見られないが ADP 区分の減少と明らかな NH_3 の生成が認められた．しかし adenosine 及び AMP 区分の脱アミノによる inosine の生成は両反応液とも同様に認められた．

以上の結果から魚肉から抽出した未精製の actomyosin 区分は ATPase, myokinase, AMPdeaminase 等の混在する酵素集団と考えられ，各酵素はよく関連して ATP の段階的分解に与つている事が推定された．

終りに本研究を行うに当り御指導を賜つた本学高田幸二教授に深甚の謝意を表する．

文　　献

1) 斎藤　要・日高富男：X報．魚肉 AMP deaminase について，日水誌投稿中．
2) 斎藤恒行・新井健一：日水誌，**23**, 265–268 (1957).
3) 古江生子：日本生理誌，**20**, 287–295 (1958).
4) 宮崎英策・内田倖喜・佐藤寛：札医誌，**5**, 371–374 (1954).
5) 石坂音治：微量ガス拡散分析提要，柴田，東京，(1951), pp. 3–9.
6) 赤堀四郎・水島三一郎：蛋白質化学，**V**，共立，東京，(1957), pp. 185–189.
7) 赤堀四郎：酵素研究法，**III**，朝倉，東京，(1957), p. 62.
8) 赤堀四郎：酵素研究法，**II**，朝倉，東京，(1956), pp. 623–626,
9) W. E. Cohn & C. E. Carter : *J. Am. Chem. Soc.*, **72**, 4273 (1950).
10) C. W. Fiske, & Y. Subbarow : *J. Biol. Chem.*, **66**, 375 (1925).
11) 斎藤　要・日高富男：日水誌，**21**, 925–928 (1955).

Report of the Kagoshima-maru IGY Cruise, 1958

by

Tadao TAKAHASHI, Masaaki CHAEN,
and Soichi UEDA

Abstract

The general informations obtained from the Kagoshima-maru IGY cruise, 1958, in the western Equatorial Pacific are presented. A cold water of 10°C climbs up to ca 250 m depth at ca 5°N. Temperature of the core of salinity maximum of higher than 35‰ extending to the north from the southern latitudes in a layer around 150 m depth is ca 23°C. Low salinity is found around 5°N. Oxygen content in a layer above 100 m is ca 4cc/l and below the layer the vertical gradient is strong to the north of 3°N. The South Equatorial Current is found in a region to the south of 2°N and below the Current an eastward flow exists. It is difficult to distinguish the Equatorial Undercurrent from the Equatorial Countercurrent flowing eastwards in a region to the north of the South Equatorial Current. The amount of the eastward volume transport above a depth of 400 m, based on direct measurement, is ca 93 million m^3/sec and that of westward is ca 25 million m^3/sec.

1. Observations

The Kagoshima-maru cruise for the International Geophysical Year of 1957–58 in the western Equatorial Pacific was made during the period from March 24 to April 28, 1958. In the original schedule, which was obliged to be converted into the above-mentioned because of many difficulties, Kagoshima-maru was to participate in a multiple ship survey with Takuyo and Satsuma in February of 1958. Therefore, informations as to the variations of the Equatorial Currents in a few months after the multiple ship survey were obtained, though the multiple ship survey itself, the results of which is reported by S. Yoshida, H. Nitani, and N. Suzuki (1959), found somewhat less detailed structures of the Currents than the expected. In the present paper, the general informations obtained from the Kagoshima-maru cruise are presented, and not the discussion as to the variation with progressive months. Temperature, salinity, and oxygen content are observed at 25 stations by the usual method and BT observations are made at 27 stations. Direct measurements of relative current referred to a depth of 700 m are carried out at 16 stations by means of two current meters of Ekman-Mertz type. The observing points are shown in Fig. 1 and the observed data will be published by Japan Meteorological Agency.

2. Results

Distribution of temperature in the vertical sections along the meridians of 151° and 153° E is shown in Fig. 2, which is based on the observations with protected and unprotected reversible thermometers and BT observations. In the central part of these sections, isotherms in a layer between depths of ca 150 and 500 m climb up from south to north; from 2°N to 7°N and to 5°N above and below 200 m depth respectively on 151°E and from 2°N to 4°N on 153°E. Thus, the depth of cold water of 10°C is minimum at 5° and 4°N on 151° and 153°E respectively (250 m and 265 m). At these sites, the thickness of a layer bounded by two isotherms of 20° and 25°C is so small as ca 30 m; whereas the thickness becomes larger to the south of 3°N and amounts to 75 m

or more around the Equator, and the large thickness at 1°S and 2°N on 153°E is especially notable. Another notable fact as to temperature distribution is the minimum depths of thermocline at 0°30′N, 3°N, and 7°N on 151°E and 2°N on 153°E, which is discussed elswhere (T. Takahashi, 1959).

Distribution of salinity in the vertical sections is shown in Fig. 3. A tanguelike protuberance of salinity maximum of higher than 35‰ extending to the north from the southern latitudes, where the numerical value of salinity is higher than 35.6‰, is found in a layer around 150 m depth in both sections. The upward diffusion from the core of the maximum salinity seems to approach to the sea surface at ca 3°N, which is especially obvious on 153°E. On 151°E, a latitudinal variation towards 3°N

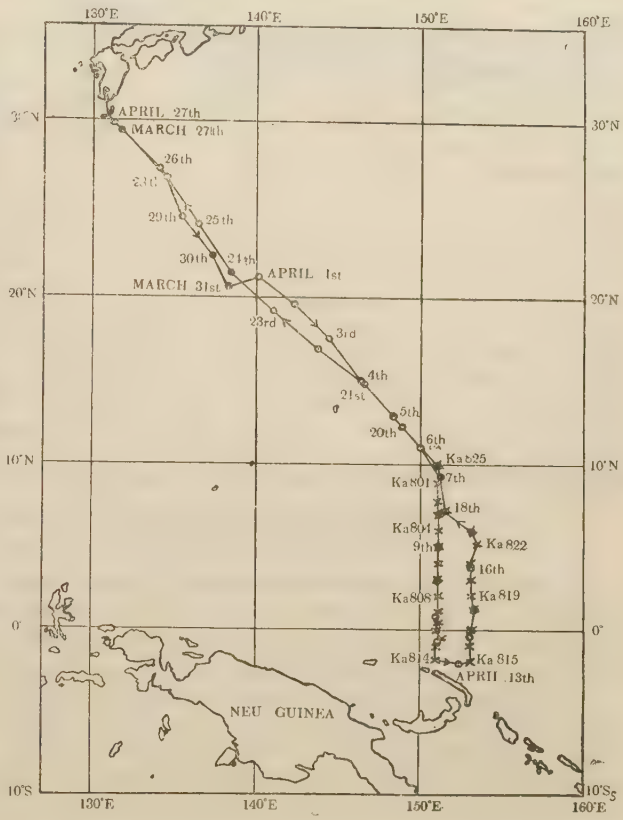


Fig. 1. Map showing the track and the observing points indicated by crosses. Circles indicate the positions at noon of everyday.

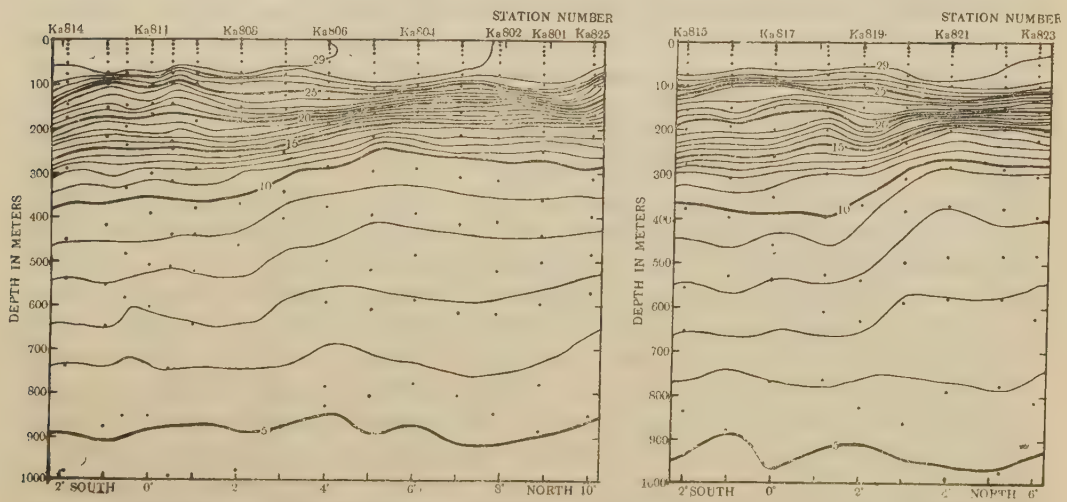


Fig. 2. Temperature distribution (℃) along the meridians of 151°E (left) and 153°E (right).

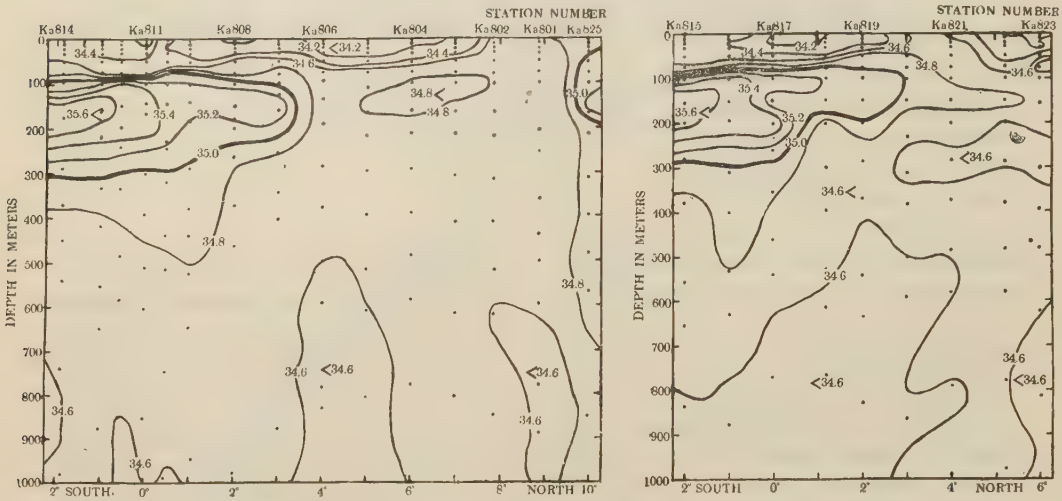

STATION NUMBER
Ka814 Ka811 Ka808 Ka806 Ka804 Ka802 Ka801 Ka825
DEPTH IN METERS
2° SOUTH 0° 2° 4° 6° 8° NORTH 10°
STATION NUMBER
Ka815 Ka817 Ka819 Ka821 Ka823
DEPTH IN METERS
2° SOUTH 0° 2° 4° NORTH 6°

Fig. 3. Salinity distribution (‰) along the meridians of 151°E (left) and 153°E (right).

of the vertical gradient of salinity within a layer between depths of 50 and 100 m have a special feature, which will be discussed in a future study. Temperature of the core of salinity maximum is about 23°C. Comparatively low salinity is found in a region between 4° and 6°N. To the north of 9°N salinity seems to increase again.

Distribution of oxygen content is shown in Fig. 4. In the surface layer above a depth of ca 100 m, oxygen content is ca 4 cc/l. Below the surface layer, its numerical value is generally lower on 151°E than that on 153°E. Vertical gradient of oxygen content within a layer between depths of 100 and 300 m in both sections is comparatively weak to the south of 3°N and is comparatively strong to the north of the latitude; numerical values of oxygen content at 100 and 300 m depths are ca 3 cc/l and more than 2.5 cc/l respectively at 1°S, whereas they are ca 4 cc/l and less than 2 cc/l respectively at 5°N. A well defined zonal distribution in the region under consideration is not found from the comparison between the two sections.

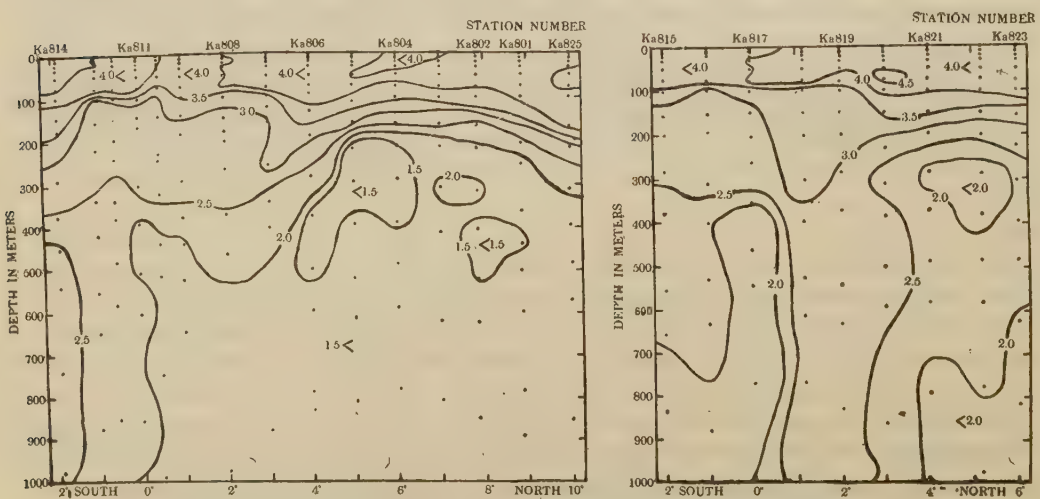

STATION NUMBER
Ka814 Ka811 Ka808 Ka806 Ka804 Ka802 Ka801 Ka825
DEPTH IN METERS
2° SOUTH 0° 2° 4° 6° 8° NORTH 10°
STATION NUMBER
Ka815 Ka817 Ka819 Ka821 Ka823
DEPTH IN METERS
2° SOUTH 0° 2° 4° NORTH 6°

Fig. 4. Dissolved oxygen content (cc/l) along the meridians of 151°E(left) and 153°E (right).

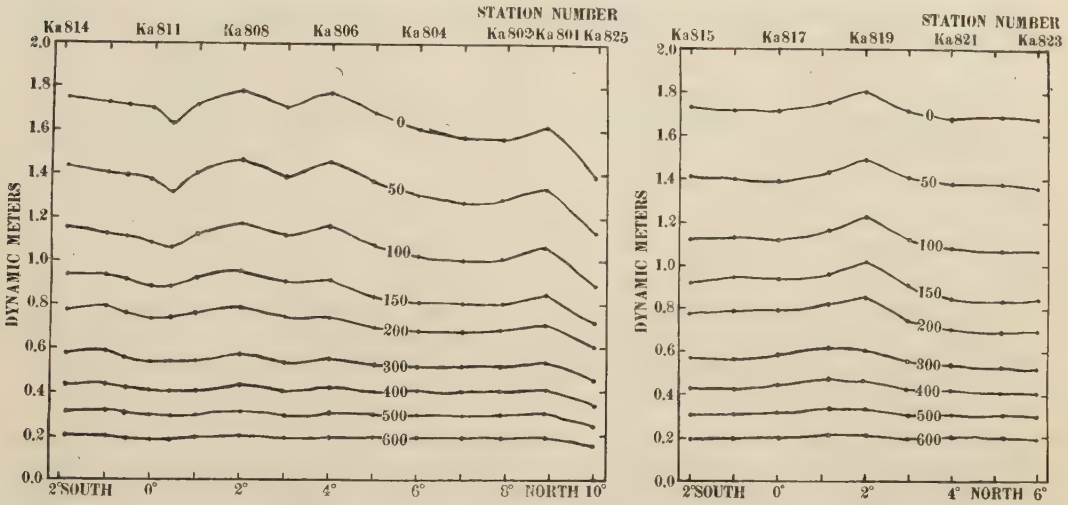


Fig. 5. Dynamic topography (dyn. m.), referred to 800 decibar surface, along the meridians of 151°E (left) and 153°E (right).

Dynamic topography referred to 800 decibar surface is shown in Fig. 5, from which it is deduced that the South Equatorial Current exists to the south of 2°N and the Equatorial Countercurrent to the north of the latitude. It is also deduced from the figure on 151°E that an eastward flow exists in the South Equatorial Current, between the Equator and the latitude of 0°30′N, and that two bands of westward flow exist in the region of the Equatorial Countercurrent, between 3° and 4°N and between 8° and 9°N. Computed relative currents are discussed elswhere (Takahashi, loc. cit.).

Eastward- and northward-components of the relative currents observed directly by two current meters along the two meridians are shown in Fig. 6, in which some computed values of eastward component of the relative current are conveniently employed between 2° and 4°N on 153°E because of so large distance where no direct measurement was made. The major feature as to the boundary between the South Equatorial Current and the Equatorial Countercurrent agrees with the deduced feature from dynamic topography stated above, though many inconsistencies between them are found (Takahashi, loc. cit.). It is a notable fact found from Fig. 6 that an eastward flow exists at ca 200 m depth below the South Equatorial Current at the Equator and that the eastward flow constitutes itself a submerged part of the Equatorial Countercurrent flowing eastwards at the sea surface to the north of the South Equatorial Current. It is questionable, therefore, that the Equatorial Undercurrent (T. Cromwell, R. B. Montgomery, and E. D. Stroup, 1954) separated from the Equatorial Countercurrent exists below the South Equatorial Current at the Equator, as suggested already by S. Yoshida and others (loc. cit.). It must be added that the north-south flow has considerable magnitude and that divergence and convergence are seen in the north-south flow. Divergence takes place in the surface layer near the Equator in the South Equatorial Current and in the middle part of the Equatorial Countercurrent, while convergence takes place in the surface layer between the South Equatorial Current and the Equatorial Contercurrent and in the subsurface layer near the Equator on 151°E.

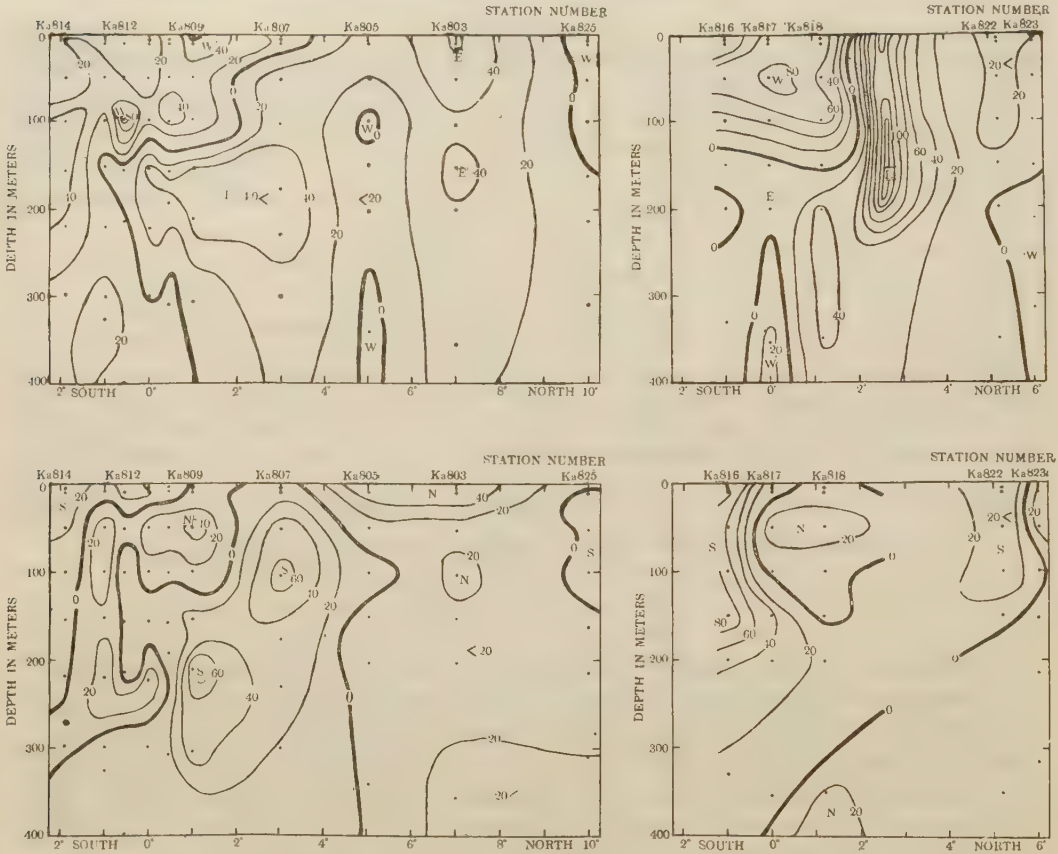


Fig. 6. East-west flow (upper figures) and north-south flow (lower figures) in cm/sec along the meridians of 151°E (left) and 153°E (right). E, W, N, and S show flows to the east, west, north, and south respectively. See text.

Eastward and westward volume transports above a depth of 400 m across the meridians, between latitudes covered with the observations, are obtained from Fig. 6 and the results are as follows:

	Eastward	Westward
151°E	93.0×10^6 m³/sec	24.0×10^6 m³/sec
153°E	67.2 〃	25.6 〃

The eastward volume transport obtained here includes that of the eastward flow existing below the South Equatorial Current. It is difficult to determine the transported volume of the Equatorial Countercurrent, because it is impossible to distinguish the Undercurrent from the Equatorial Countercurrent, as stated above. The low value of the eastward volume transport across 153°E is due to the fact that the northern limit of the observing range on the meridian is 6°N.

References

Cromwell, T., R. B. Montgomery, and E. D. Stroup, 1954: Equatorial Undercurrent in Pacific Ocean revealed by new method, Science 119, 648.

Takahashi, T., 1959: A note on the current measurements in the western Equatorial Pacific, J. Ocea. Soc. Japan (in press).

Yoshida, S., H. Nitani, and N. Suzuki, 1959: Report of multiple ship survey in the equatorial region (IGY), Hydrog. Bull, Mar. Saf. B., Japan, no. 59.

Report of the Keiten-maru IGY Cruise, 1958

by

Masaaki CHAEN, Tomio HEMMI,
and Tadao TAKAHASHI

Abstract

Keiten-maru left Kagoshima harbour on July 9th, 1958 to complete the multiple ship survey in the western Equatorial Pacific, which was one of the IGY program, in cooperation with Takuyo and Satsuma. The radioactivity was determined on board Takuyo to be terribly high value at the northern side of the expected observing area. All the expected observations were given up with many regrets.

The Equatorial Currents in the western Pacific has not been widely investigated. Though the general features of the hydrographical conditions in the western Equatorial Pacific are discussed by T. Takahashi (1959, a) on the basis of materials obtained by Keiten-maru and Kagoshima-maru during 1952–1956, possible variations with time are disregarded in the discussion and the materials used are insufficient to find detailed structures of the Equatorial Currents. It is opportune that multiple ship surveys in the western Equatorial Pacific are taken into the Oceanographic Program of the International Geophysical Year of 1957–1958 in order to find the detailed structures of the Equatorial Currents, especially to determine the mass transport of the Equatorial Countercurrent and to find any proof in the area under consideration of such a Undercurrent as is reported by T. Cromwell, R. B. Montgomery, and E. D. Stroup (1954).

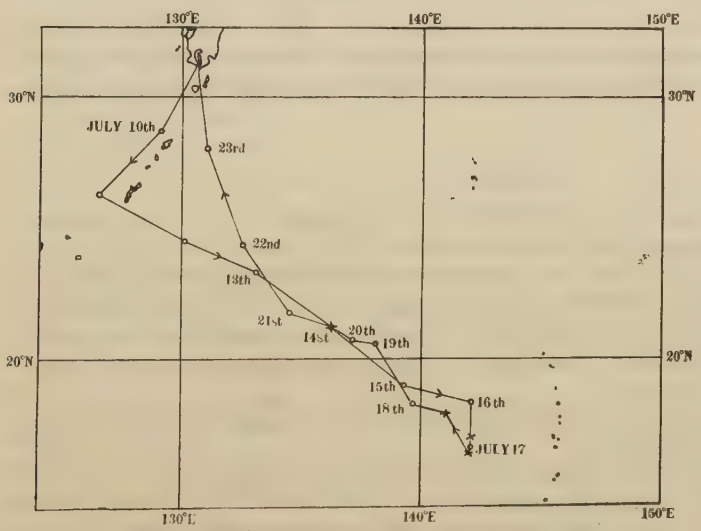


Figure. Map showing the track. Positions at noon of everyday are indicated by circles. Crosses indicate the points where water samples for radioactivity measurement are collected.

The multiple ship surveys with three vessels to be carried out in March and in August of 1958 were undertaken in the original schedule. In practice, because of many difficulties, the first survey with two vessels, Takuyo and Satsuma, was made in February (S. Yoshida, H. Nitani, and S. Suzuki, 1959), and the second one with single vessel, Kagoshima-maru, was made in April (T. Takahashi, 1959, b; T. Takahashi, M. Chaen, and S. Ueda, 1960). Thus, the cooperation of three vessels was eagerly

desired for the summer program.

Keiten-maru left Kagoshima harbour on July 9th to complete the summer program of the multiple ship survey with Takuyo and Satsuma which left Tokyo harbour on a few days before. The observations of temperature, salinity, and oxygen content, measurements of relative current with two current meters, repeated observations across the Equator between 2°N and 2°S, and current measurements by means of the parachute drogue (G. Volkmann, J. Knauss, and A. Vine, 1956) were expected to be carried out.

Cruising towards an expected observing point at 13°N on 151°E, Keiten-maru recieved the telegram on July 15th at 19°N on 139°E from Takuyo saying that the radioactivity was determined to be 150 cpm from the sea surface water of 1 liter at 14°N on 153°E and to be 23,000 cpm from ship-body on board Takuyo. It was concluded on July 17th that all the expected observations with any of the three vessels should be given up to avoid possible disasters, on the basis of the rapidly increasing radioactivity determined on board Takuyo cruising towards south along the meridian of 153°E. Thus, Keiten-maru turned to home harbour on 17th with many regrets without carrying out the expected observations. The track is shown in the Figure. Water samples are collected at several points on the cruise and the radioactivity was determined by K. Saito (1960) in his laboratory after the end of the cruise to be as follows:

Collecting point		Radioactivity (cpm/l)	Date of	
Latitude	Longitude		collection	determination
16°47′N	142°04′E	22.8	July 17th	July 30th
16 07	141 58	27.0	〃 〃	〃 〃
17 48	141 00	17.6	〃 18	〃 〃
21 11	136 13	trace	〃 20	〃 〃

These numerical values themselves are not so remarkable. It must be remembered, however, that Keiten-maru did not reach yet to the expected observing areas where the radioactivity was considered to be terribly high value at the time. Any part on board Keiten-maru was washed as completly as possible everyday on the homeward cruise; then the radioactivity disappeared from the ship-body, when the vessel arrived at Kagoshima harbour on July 24th.

References

Cromwell, T., R. B. Montgomery, and E. D. Stroup, 1954; Equatorial undercurrent in Pacific Ocean revealed by new method, Science 119, 648.

Saito, K., M. Sameshima and T. Hemmi, 1960; Studies on the Radiological Contamination of Sea Water, Planktons and Fishes in the Western Region of the North Equatorial Current during the Period from 1958 to 1959, Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., vol 8.

Takahashi, T., 1959, a; Hydrographical researches in the western Equatorial Pacific, Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., vol. 7.

Takahashi, T., 1959, b; A note on the current measurements in the western Equatorial Pacific, J. Ocea. Soc. Japan (in press).

Takahashi, T., M. Chaen, and S. Ueda, 1960; Report of the Kagoshima-maru IGY cruise, 1958, Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., vol. 8.

Yoshida, S., H. Nitani, and N. Suzuki, 1959; Report of multiple ship survey in the Equatorial region (IGY), Hydrog. Bull., Mar. Saf. B. Japan, no. 59.

Vokmann, G., J. Knauss, A. Vine, 1956; The use of parachute drogues in the measurement of subsurface ocean currents, Trans. Amer. Geop. U., vol. 37, no. 5.

魚類の聴覚特性に関する研究-II*

側線の線型による方向知覚差について

黒　木　敏　郎

Biophysical Studies on the Auditory Characteristic of Fish-II
Directional Audibilities in Various Types of Lateral Line

Toshiro Kuroki

In this paper, the author investigated about the relation between a directional audibility and a lateral line shape of fish. He assumed geometrically the seven types of lateral line shape on account of easiness for calculation; ①…linear type, ②…interrupted linear type, ③…semicircular and linear type, ④…stepped linear type, ⑤…parallel type, ⑥…horse-mackerel's (Trachurus') type, ⑦…general type. He assumed, furthermore, the values of biophysical conditions as follows; propagating velocity of under-water sound V (=150000 cm/s), transmitting velocity of sensation by sound stimuli on a lateral nurve v (=2600 cm/s), attenuation constant of under-water sound α^{+1} ($=10^{-\delta/10000}$), space distance from 1st receptor to 2nd one δ (cm), length along a lateral line between the two receptors l (cm), the most suitable (sensible) frequency ν (cycle/sec).

Then, he got the values in the Table 1 from the equations—

(by physical condition); $\nu = (V/2\pi\delta)\times\cos^{-1}(\alpha^{\pm 1})$,

(by biological codition); $l \geqq v/\nu$.

By means of the diagramatic method, shown in Fig. 2, he got the audible directions in various types of lateral line as Fig. 3, ①~⑦. In these figures, the ranged length of equi-frequency arcline in dotted zone means the directional angle of audibility for the frequency sound against the original point (sensorium of fish).

As a result of judging these figures, he concluded as follows:

a) The maximum value of the most sensible frequency is 5200~8700 c/s, in the virtical direction.

b) The minimum value of the one is 112~130 c/s in the direction of body axis (a bit of upward frontally in some types). The stronger sound, however, shall not be equall to this frequency (, may be lower).

c) The directional angle of audibility for 200~300 c/s sound is very broad. This means that this (200~300 c/s) sound may be serious for fish in these coditions.

d) Among these seven types of lateral line, the directional audibility of semic-ircular & linear type is the most splendid and broadest; on the other hand, the one of simple linear type is very poor and narrow.

The author expected that his conclusion might be recognized with biophsical expe-riments, and he pointed that it was needed to use many knowledges; for examples, the actual values of nurvous conditions (refractory period and transmitting velocity of sensation and etc. in control fish), its influences by water temperature or salinity, the utility of echoless aquarium, and the methods to pick up an active potential of lateral nurve under the natural stimulus of sound in water.

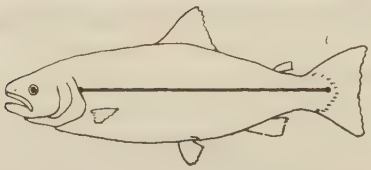
*) 1958, 日本水産学会年会（東京）講演発表.

I. 序

前報[1]では，水中音の減衰率その他の物理的条件と魚類側線上2受容器間の時空的な感受差や側線神経の不応期等の刺戟生物的な条件とを関連せしめて考察することにより，魚類聴覚の特性を検討すべき理論式を導出しこれから最高可聴限界周波数や最敏感周波数な

Fig. 1. Seven model types of lateral lines.

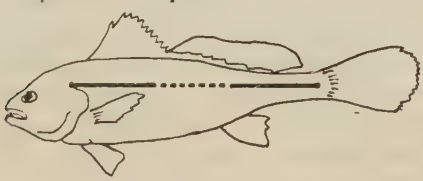
① Linear type



〔Similar examples〕

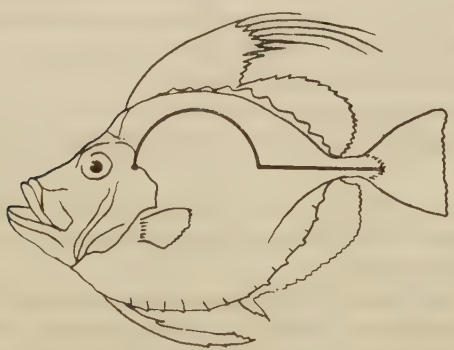
Oncorhynchus keta (WALBAUM)
O. masu (BREVOORT)
Cyprinus carpio (LINNÉ)
Carassius carassius (〃)

② Interrupted linear type



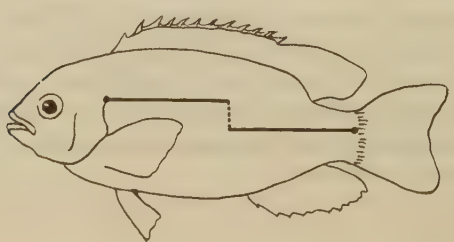
Miichthys imbricatus (MATSUBARA)

③ Semi-Circular and linear type



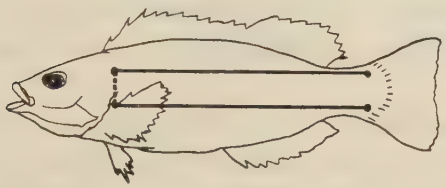
Zenopsis nebulosa (TEMMINCK & SCHLEGEL)
Xenolepidichthys dalgleishi (GILCHRIST)
Antigonia capros (LOWS)

④ Stepped linear type



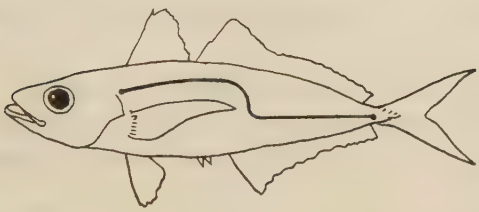
Abudefduf gldcucus (CUVIER & VALENCIENNES)

⑤ Parallel type　〔Similar examples〕



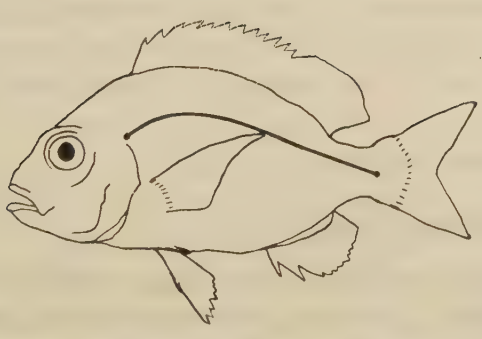
Hexagrammos otakii
(JORDAN & STARKS)

⑥ *Trechurus'* type



Trachurus trachurus
(LINNÉ)

⑦ General type



Chrysophrys major
(TEMMINCK & SCHLEGEL)
etc.

どの具体的な数値を計算した．その際の側線はほぼ直線的な形であるとして取扱つたが，現実の魚類側線上の受容器配列の形は必ずしも直線的でなく，曲線状をなすもの・不連続（中断型）状をなすもの・平行に2本以上の列をなすもの等種々の形をとつている．

本報ではそのような受容器配列の形が魚類の聴覚特性（周波数と方向知覚との関係など）にどのような差を生じているかについて前報同様の諸資料に基き之を検討しようとするものである．

II. 条 件 資 料

側線模型：魚類の側線形態は同一魚種における等体長のものでも個体差をもち，亦同種のものでも成長の段階では形が異なる事も多い．従つて之を完全な幾何学的線形で代表せしめそれに基いて特性を検討することは現実にそぐわないものと考えられる．しかし，相対的且比較的な特性検討であれば実用に堪えるものと信ぜられるので，計算を便ならしめるため Fig. 1 に示すような直線又は円弧の組合せによる7型；①直線型，②中断型，③半

円直線型，④段違い型，⑤平行線型，⑥アジ型，⑦一般型に分けて論を進めることにする．何れも中枢に近い側線端（前端）から側線の後（尾）端までの距離を体軸に平行に測つて 20cm とし，中断型・段違い型では受容器が無くても側線神経は同一系としてつながつているものと考える．

水中音並に側線神経の条件：水中の音響伝播速度 V は淡水・海水中で異なりまた水温や水深（水圧）如何にも左右されるけれども 1～2％程度の誤差を許せばほぼ 1500m/s と見做してよい．その伝播における減衰率 α はこれ亦水温水質懸濁物存否などで相当に変動するけれども諸資料に基き 100m につき音圧が約 1/10 に減ずるものと考え水中音の進行距離 δcm をもつてあらわせば $\alpha \fallingdotseq 10^{-\delta/10000}$ となる．

神経線維を伝わる音感興奮の伝達速度 v としては前報と同じ資料[2] に基いて A-neuron につき $v \fallingdotseq 26$m/sec 程度とする．

理論的準拠：片側線上の一受容器と中枢に対して遠い方へ直線距離で δcm 距つた同系側線上の第 2 受容器とがそれぞれ同一音源から水中音を感受している時，最適周波数（閾値附近で最も弱い音圧に感じ得る周波数）ν c/s は既に報告したように[1] 次の物理的空間的条件を満足せねばならない．

$$\nu = V \cdot \cos^{-1}(\alpha^{\pm 1})/2\pi \cdot \delta \quad \cdots\cdots (1)$$

一方生理学的条件として満足されねばならないのが次式である．

$$l \geqq v/\nu \quad \cdots\cdots (2)$$

前述の通り，V；水中音伝播速度（＝150000cm/s），v；音感興奮が側線神経線維中を伝達される速さ（＝2600cm/s），$\alpha^{\pm 1}$；水中音の減衰率（$=10^{\mp\delta/10000}, \alpha^{-1}$ は第 2 受容が音源に近い場合），δ；両受容器間の空間的な距離（cm），l；側線神経線維に沿う両受容器間の距たり（cm），ν；最適（最敏感）周波数（c/s）である．

以上の理論的な考察の詳細については前報[1] を参照されたい．

III. 作図計算の方法とその結果

厳密に扱うならば前にも述べたように魚種や成長度によつて v や $l_{max.}$ の値も相当異なるし，環境水如何（塩分有無，水温，懸濁度など）によつて V も α も違つて来るものであるが，具体的な諸実測値を集めて論を進めると比較検討すべき基準の選定にも困るし且計算の煩にも堪えかねるので，本文では上述のような諸数値を想定してこれから出発する訳である．すると (1), (2) 両式の関係を同時に満足する ν, δ, l 等の値は Table 1. のようになる．

側線上の二受容間隔最少なものは相隣る有孔鱗であつて小型魚ではこれが 3mm 程度になるし，やや大型魚では 5mm 程度になるので，それらの最高最適可聴周波数がそれぞれ 8700, 5200c/s と掲げてある（表中の *印参照）．

尚備考欄（**印）には表中にない δ の値について比較的よく聴き得る周波数範囲を掲げた．例えば $\delta = 5$ cm の場合その範囲（better audible range）は 35～1000c/s である．本表は周波数基準で計算したのでその場合の最適可聴周波数（best audible frequency）225c/s は示されて居ないけれども，上述の周波数範囲はこの最適の周波数の時の閾値を基準にして +0.01db の音圧増加範囲を採用したものである．他の **印も之に準ずる．

Table 1. Values of ν, l and δ under the correlative relations.

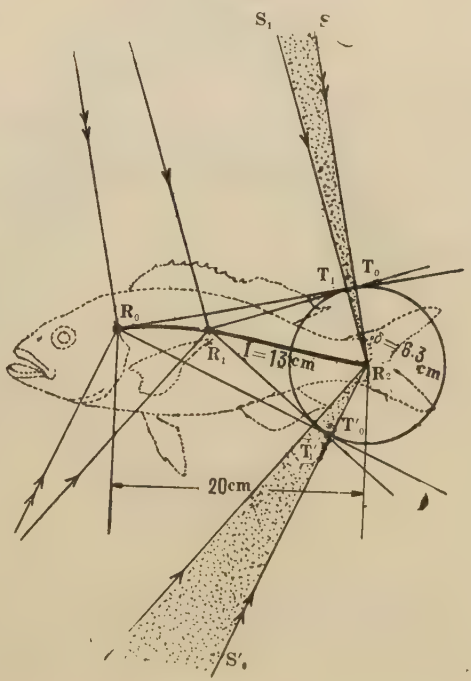
Best audible frequency ν(cycle/sec.)	Length between two receptors along lateral-line l (cm)	Straight distance between two receptors δ (cm)	Remarks (*l_{min}: length between a receptor and the next one. **Better audible range.)
8700	0.3*	about 0.003	In the case of l_{min}*=0.3 cm
5200	0.5*	0.009	In the case of l_{min}*=0.5 cm
2000	1.3	0.058	
1000	2.6	0.24	When δ=0.5, 45～13000 c/s.**
500	5.2	0.95	
300	8.7	2.8	δ=1.0, 40～8000 c/s.**
250	10.4	4.0	
200	13.0	6.3	δ=5.0, 35～1000 c/s.**
150	17.3	11.5	δ=10.0, 30～700 c/s.**
130	20.0	15.4	
120	21.6	18.0	δ=20.0, 20～450 c/s.**
110	23.6	21.5	
100	26.0 →	26.0 →	The limmit of best directional audibility range by one lateral-line.

又前章 (1), (2) 両式を同時に満足する l と δ に於て $l > \delta$ となれば方向知覚を失う事が理論的に推察されるので本論の想定値の範囲内では $l=\delta=26$ cm (このとき $\nu=100$ c/s) より以上は取扱い得ない．側線長 30 cm 以上にも及ぶ大型魚では当然もつと低周波まで方向知覚の対象となり得る事を注意せねばならない．

さて Table 1. 中の数値を使つて，側線長($l_{max.}$)を無視し得る程の遠方から到来する閾値程度の弱水中音を魚が如何に聴き判けるかを求めるのであるが，一々の作図法まで記入すると整理結果が混雑するから，ここには一例として $\nu=200$ c/s を採りこの周波数が一般型側線ではどの方角範囲で聴かれるか説明する．Fig. 2 に之を示す．閾値音圧よりも強い水中音では度々述べたように方向知覚の特性が相当に拡がる事勿論である．

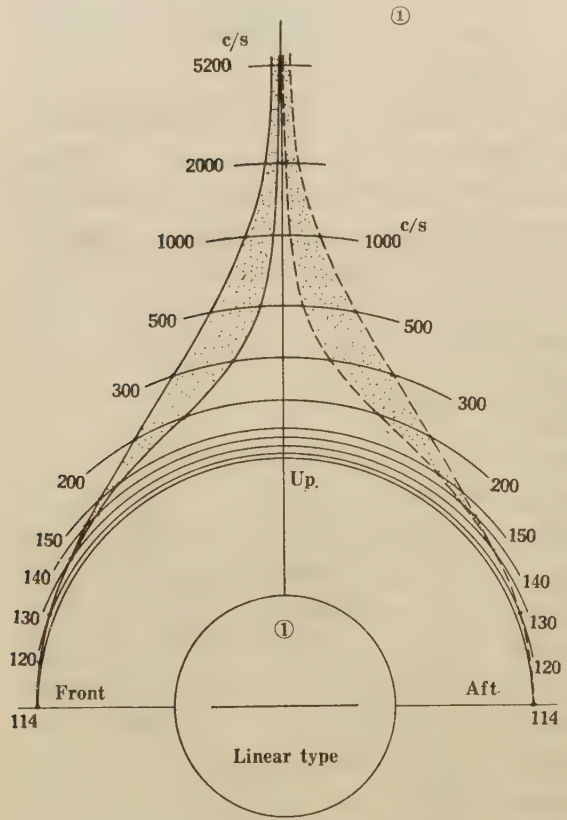
図において R_0 は一般型側線系の前端受容器，R_2 はその後端受容器であつて体軸方向の両受容器間隔は 20 cm としている．R_1 は側線上の任意受容器で之を第1受容器として R_2 より R_0 の方へ側線上を移動させつつ考え且 R_2 を第2受容器として固着して考えることにしよう．

Fig. 2. Illustration of drawing method about audible angles.



今前上方より水中音が来て，その wave front（音波前面）が R_1 に達したものとする．音波の水中伝播速度 V が(1)式を満足するためには R_1 と R_2 との両受容器の wave front 進行方向での空間差 δ は $\nu=200$ c/s の音の場合 $\delta=6.3$ cm（表）でなければならないし，R_2 で感受された刺戟による興奮が神経線維内を伝達する速さ v が(2)式を満たすためには R_1～R_2 間の線維長さ l は $l=13$ cm（表）以上でなければならない．すなわち R_1 が R_2 から測つて 13 cm 以下の近距離にある時には閾値音圧には不感となる筈であつて，識別し得る音波到来の方向は切線 R_1T_1 に垂直な法線 S_1T_1 の方向より左前方側には存在しない事になる．R_2 よりの距離が次第に長くなつて第1受容 R_1 が R_0 に一致した場合，音波到来方角は R_0T_0 に垂直な S_0T_0 方向まで後退するけれどもそれより右後方側には識別域は無い事になる．つまりこの魚が上前方より来る 200 c/s の弱い音を聞こうとすれば S_1T_1～S_0T_0 間にはさまれた点々部分の方向範囲内のものしか聴き得ない事になる．同様に考えて作図すると，200 c/s の弱音が前下方より来る場合には $S'_1T'_1$～$S'_0T'_0$ 間にはさまれた（点点のほどこされた）方向角内が可聴域になつて，これは前上方の可聴域よりも遙かに広い事となる.*)

Eig. 3. Audible directions against various (frequencies) sounds.



各型で最適周波数について計算作図した結果を Fig. 3 ①～⑦に示す．これは魚体中心に 10 c/s の点を置き，前後（体軸）方向と上下（体深）方向とに対数目盛を刻み 8700 c/s まで示したものである．点々を施した帯域を一定周波数の円周で切る弧がその周波数の音を識別し得る最適可聴の方角限界範囲である．実線域は前方よりの音に対して，亦破線域は後方からの音に対して得られた可聴方向帯域なることを示す．下方からの音に対して生ずる可聴方向帯域は，水中音の減衰率 $\alpha^{\pm 1}$ が本文想定程度の値である場合，上方からの音に対して生ずる帯域と殆ど相似・点対称的に生ずるので，Fig. 3 では全部下半図を省略した．

IV. 考察検討

上に得られた結果を比較し易いように高音 5200 c/s，低音 300 c/s，方

*) 図で見れば，後尾端から可聴域が発して居るように見えるけれども，これは作図説明の都合上このように点々を施して示しただけである．音源までの距離が側線長を無視してよい程長い場合には当然魚体の中心（感覚としては神経中枢）よりこの方向にこの巾の可聴域が存在すると見なさるべきものであろう．

Fig. 3. ②

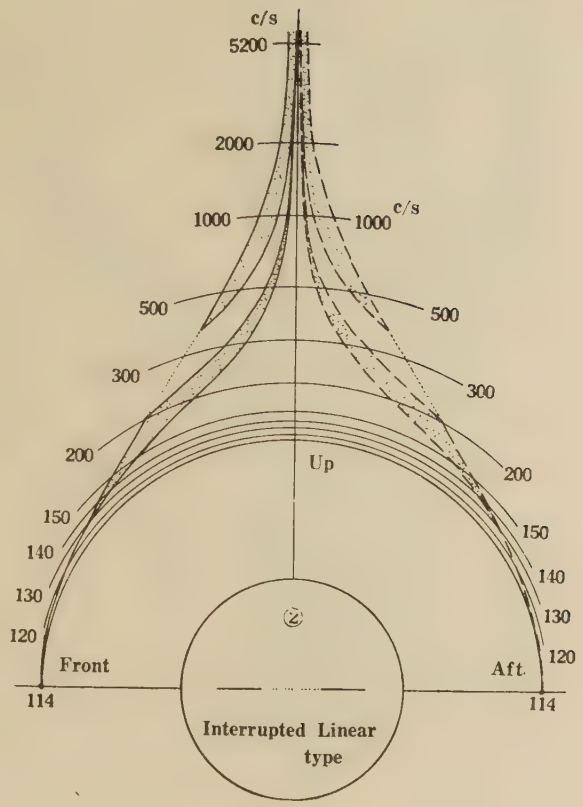

c/s
5200
2000
1000
1000
c/s
500
500
300
300
200
200
Up
150
150
140
140
130
130
120
120
Front
Aft.
114
114
②
Interrupted Linear
type

Fig. 3. ③

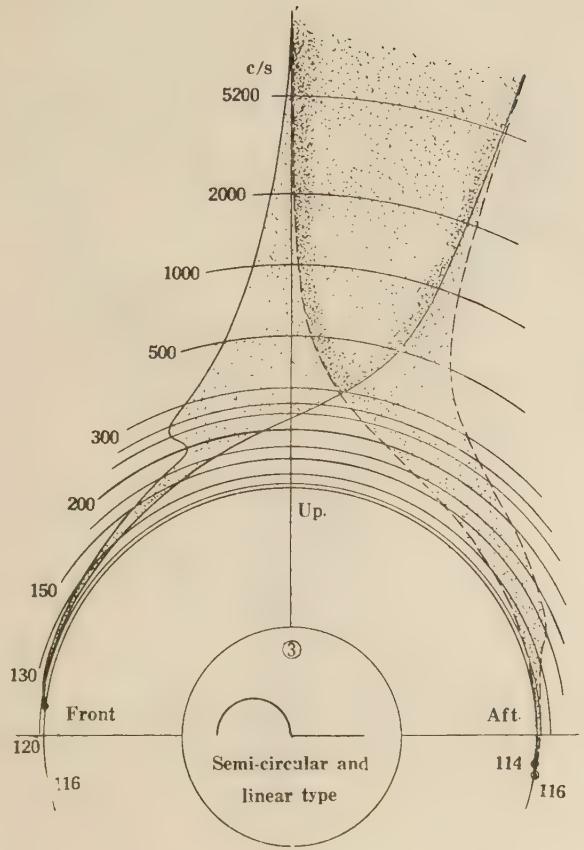

c/s
5200
2000
1000
500
300
200
Up.
150
130
Front
Aft.
120
116
③
Semi-circular and
linear type
114
116

Fig. 3. ④

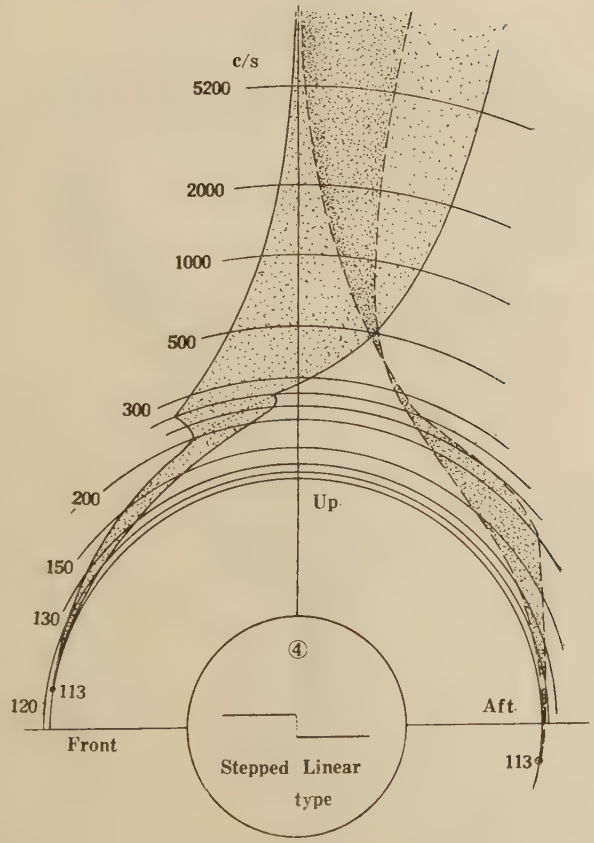
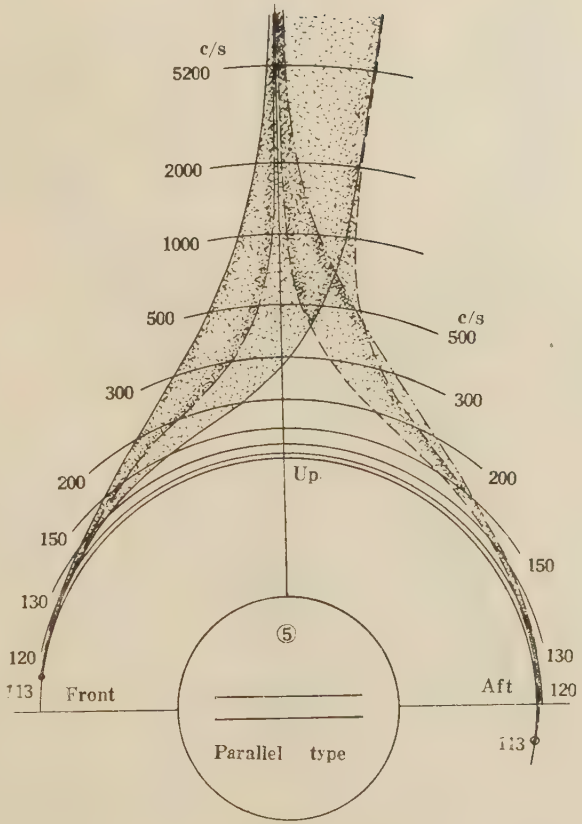

c/s
5200
2000
1000
500
300
200
150
130
120
113
Up
④
Front
Aft
Stepped Linear
type
113

Fig. 3. ⑤


c/s
5200
2000
1000
500
300
200
150
130
120
113
c/s
500
300
200
150
130
120
Up
⑤
Front
Aft
Parallel type
113

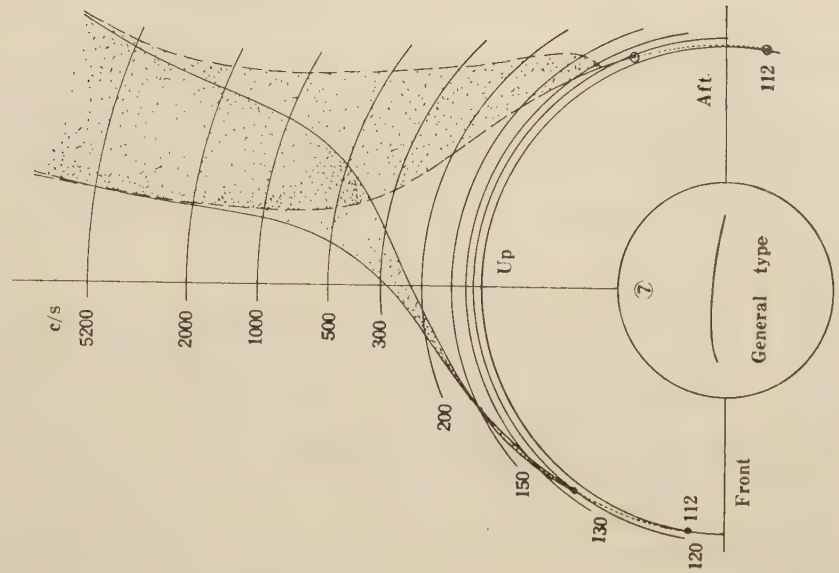

c/s
5200
2000
1000
500
300
200
150
130
120
112
Up
Aft
112
⑦
General type
Front

Fig. 3. ⑦

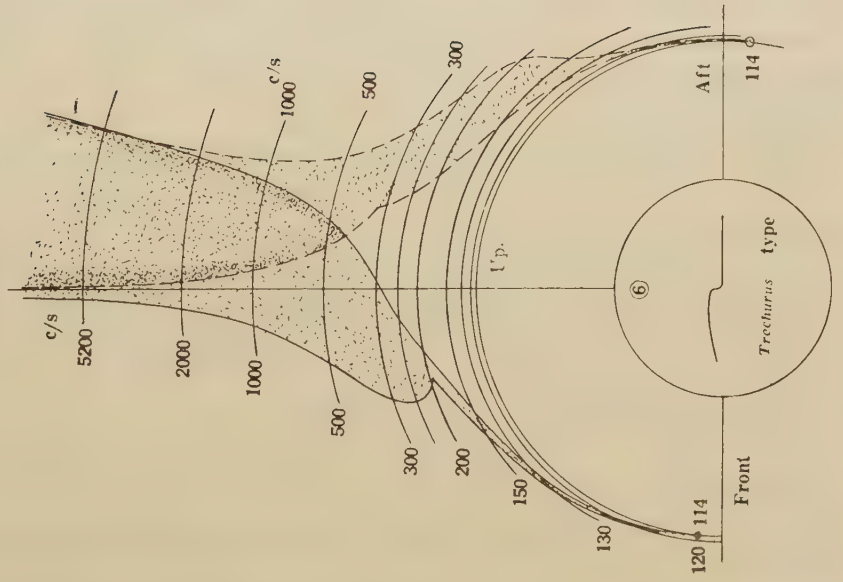

c/s
5200
2000
1000
500
300
200
150
130
120
114
Up
Aft
114
⑥
Trochurus type
Front

Fig. 3. ⑥

向識別可能な最低周波数の3重点に絞つて論じてみよう．特に目立つ事はタイなどの半円直線型側線では高音においても低音においても識別域が最も広く水中音響の探聴能力が非常に優れているという点であろう．前述条件下の7型式側線と方向識別特性との関係を概括すれば次の通りである．

a) 側線上の相隣る有孔鱗間距離が両受容器間隔の最短値と考えられ，この値を 3～5 mm とした場合閾値附近可聴周波数は 8700～5200 c/s 程度となる．体長の小なる幼稚魚ほど2受容器間隔の最小値は低く（短く）なる筈だからもつと高い方の音（音圧が強ければ更に高音）を識別出来るという事も考慮されねばならない．

b) 方向識別可能な最低周波数は 112～130 c/s となるが，これは体長（側線長約 20 cm）による制限であつて側線長 26 cm のとき 100 c/s までは可能となる．これより低い周波数を識別するためには相当高い音圧を必要とするものであつて，等音圧のまま例えば 30c/s の水中音が体軸方向より到来することを聞きわけるためには側線長が 87 cm 以上もなければならない．（方向識別を考えないで，単に可聴という点より見れば音圧さえ強大ならば数 c/s の低周波にでも感じ得ること前報に示した通りである．）

c) 想定した程度の魚では 200～300 c/s 附近に可聴識別域の特異帯があり，この周波数附近では識別帯も相当に広くなる．このような帯域は魚にとつて周波数の面からも体軸との方角関係からも生態的に何等か重大な意味を含んで居るのではないかと思われる．

d) 直線型の場合を除き，識別可能の帯域は魚体の直上直下よりもその重心が上方ではやや後へ下方ではやや前に傾いているように見える．魚体軸の方向つまり前後方向の大部分（半頂角 45°の円錐面内）はどの側線型でも 150 c/s 以下の低音の識別に有効な役割をつとめている．逆に言えば音圧が強大でない限り体軸方向の音に対しては高周波（1000 c/s 以上）にも低周波（数 10 c/s）の音にも方向識別は出来ないものと考えられる．水面に物の落ちた場合などにその高周波音源を識別するためには魚は体をひねつて体軸に直角な方向に音源を求める態勢に入らねばならないであろう．

e) 各型の特徴をそれぞれまとめてみれば——

①〔直線型〕: 高音識別域は直上直下方向に僅か 2^0 しかない．低音 300c/s でも僅か 11^0 の帯域でしかも体軸と $71～82^0$ をなすから音源識別能より見た聴覚特性としては最も狭少貧弱であるとしか考えられない．

②〔中断型〕: 直線基本型の可聴識別帯域の中に識別不可能域がはさまり込んでいるから更に狭少だと考えられる．尤も識別帯域中で周波数を感じ分けるためにはこのような帯域2分型が有利な事も生じ得るので，刺戟生理学的に精査せねば軽々には論ぜられない．

③〔半円直線型〕: 高音域も 20^0 の幅を持ち低音 300 c/s では 50^0 にも亘つて方向識別域が拡がつているので，他の型と比べ最も広大な特性であると言える．閾値附近での識別可能な最低周波数も 116c/s で体軸と 9^0（前上後下方向）をなすから，前上方の餌を獲えたり後下方からの天敵襲来を早く感知して危険を防止すると言つた合目的々な生態形態が窺われるのである．

④〔段違い型〕: 直線型の半分ずつを上下に段違いに置くだけでこのように特性が広大になるものかと驚く程で，殊に高音に対して幅の広い帯域をもつ．低音 300 c/s については直線基本型や中断型の倍の帯域幅であるがその他の型と比べると若干狭くなる．

⑤〔平行型〕：低音 300c/s 帯域中にはさみ残された識別不可能域が僅かに狭くなつて有利なだけで他は④段違い型よりも少々貧弱という程度である.

⑥〔アジ型〕：高音 5200c/s についても ③半円直線型・④段違い型に次いで広大であり，低音 300c/s については③についで他のどれよりも広大であつて聴覚特性としては優秀な部に属するであろう.

⑦〔一般型〕：高音・低音どちらに関しても丁度中間位の広さを有し，僅かに変形すれば⑥アジ型や③半円直線型になると言つた形そのものが識別可能の特性域にもよくあらわれているように見える.

V. 将来への期待

以上の計算結果は，体長（側線長）を略々一定とし聴覚神経を伝わる興奮の伝達速度も亦一定と想定して閾値音圧程度の弱い水中音について行つた思考実験的成果に過ぎない. これは実際の魚について実験され確認されて始めて生理生態学的な価値を生ずるものであつて，著者自身もその実験を行い本論の不備な点を補正し更に魚類聴覚特性の本質を究明せんとする熱望に燃えているものであるが，残念乍ら技術・能力・器材に欠くる所多く之を実現し得ない現状である.

実験生理学関係の諸賢がこの方面に興味と関心とを持たれ，近い将来に上述のような特性の確認実験を行われる事を期待してやまない. ここにその実験遂行上必要と信ぜられる諸条件資料を述べて参考に資したい.

a) ある側線型を具える魚種のその時の体長（成長度，側線長）における側線神経について不応期（Refractory perjod）や興奮の伝達速度等を知らねばならない.（水温によつて之等は大巾に異なるものと予想される.）

b) 対象となる魚が音を識別し得たか否かを判別するのには学習による条件反射を利用せざるを得ないであろうが，極く自然な状態で魚を保持して側線系の中枢での活動電位変化その他により刺戟に対する反応を直接確認し得たならばこれに優る方法は無い. この際低弱な音圧を聞かせて可聴音圧の閾値を求めて置くことも肝要である.

c) 水槽中に魚を置いて実験する際に槽壁からの反射音（水以外の所を伝わつて来る伝達音を含む）を排除せねば聴覚の方向特性を知る事が極めて困難となろう. 従つて水槽壁にはCS_2液層その他の防音吸音層を置き，音源は水面の反射を避けるように充分考慮されねばならない. 低音は指向性を持ち難いから，魚へ到来すべき音の道筋方向は慎重に検討して判断を誤まらぬよう，特にうなりや音の遮蔽現象などには留意する必要がある.

d) そのほかにも，魚の疲労による閾値の増大，塩分水温その他の環境条件が聴覚に及ぼす影響などをよく調べて置かねばならない.

以上のような配慮の下に実験が行われたならば定量的にはともかく少くとも定性的には前章の計算結果の正しいものである事が確認証明されるであろう.

游泳中の魚の水中音聴感の能力は本論における如き静止時の特性よりも遙かに低下するであろうが，これについての思考実験はなかなか困難なのでこれを論ずるのは他日の機会にゆずりたいと思う.

VI. 結 び

前報の理論的な考察から出発してここには側線形態の差による魚類聴覚の方向特性を計算より求めて之を検討した．本報も片側線を平面上で論じたものであり立体的三次元的な考察まで踏み込んで居ない.*) 亦，確認実験をも経ていないので現実との結びつきについては大きな危惧無しとしないが，得られた計算結果は過去の実験結果[3] や従来の経験・伝承などに含まれた現象を統一的に説明し得て殆ど矛盾を生じないものである．水中音と魚類の生態形態に関心を持たれる方々，更に亦関係の深い事項を実験的に解明されんとする諸賢の御参考迄に発表した次第である．御叱正や御協力を得て本論の結果を確認証明し得る時期が早められれば幸甚である．

終りに貴重な資料を賜つた三重大学水産学部川本教授に深謝の意を表する．

文 献

1) 黒木：日本水産学会誌，23 巻 7 & 8 号 (1957).
2) 小川：電気生理学研究（昭和医大生理学教室），10 巻 (1956).
3) H. Kleerekoper & E. C. Chagnon : Jour. Fish. Res. Bd. Canada. Vol. 11, No. 2, (1954).

*) 左右両側線の neuron が脳中枢に刺戟興奮を伝達する場合，そこに両側共通の領域があるか否かによつて両側線の立体的な取扱い方に大きな差が生ずべきである（関係文献資料の御紹介を切望する.）

長時間採水器とその活用に関する研究（第Ⅰ報）*

採水の方法とその要点

黒木敏郎・野沢洽治

Studies on the Water Bottle for Continuous Sampling and on its Utility — I.

Theoretical Idea and Practical Points for Water Sampling

Toshiro Kuroki and Koji Nozawa

In the investigation of marine phenomena on a bay or an inshore in where water temperature, salinity and etc. are changing with the tide, an instant sampling water by reversing bottle may be able to show the only datum on one point at that instant. The datum is not always a typical value in the point. Then, many data by oftentimes sampling are needed to get the average value correctly.

The authors projected the appartus to sample sea-water continuously for long time (12～36 hours) by means of laminar flow in a capillary.

When, in Fig 2, H (cm) is pressure head; l (cm), length of capillary; d (cm), inner diameter of the one; ν (cm^2/s), kinematic viscosity of sea water; Q (cm^3/s), sampled volume; then

$$Q \fallingdotseq 25.1 \times H \cdot d^4/(\nu \cdot l)$$

Using d=0.050～0.125 cm and l=5～15 cm, Q (cc/s) against H (cm) is shown in Fig. 1. To sample approx. 500cc of sea-water per day by d=0.05 cm, it is known from this figure that l=5～10 cm and H=3～7cm must be used.

Under the theoretical condideration, they examined various types of water bottle for the utility of this idea. The results of experiments with (I)–type and (III)–type (in Fig. 3) are shown in Fig. 4 and 5 respectively. It was very difficult to adjust the pressure in the bottle for a regular sampling. Because the apparatus was set up and dowm in rough sea, sea-water had been poured into the bottle through an air out-let (bubbling) pipe. Then, water sampling was dammaged by the contamination of unexpected water.

On the purpose of checking the reliability of this apparatus, the calibrating test was carried on with (Ⅳ)-type (in Fig. 3) in the sea-water tank (salinity was changed artificially). The result of this test was shown in Fig. 6.

The authors finished the experiment of continuous sampling with (V)–type in the tank. The last apparatus (bubbleless water bottle) can be used even in rough sea, and, in spite of the decreasing of H (cm, head), this bottle will be the most useful in the point of its reliability.

1958, 日本水産学会全国大会（新潟）講演発表.
1959, 同　全国大会（堺）講演発表.

I. 緒 言

水産に関連して海湾湖川の水質や水温などを調査する場合，従来我々は顚倒採水器等を用いて某空間点某時間点の瞬間値を知る手段を採用して来た．空間的（水平的・垂直的）にも時間的にもよく安定した海況ならば相当に疎な時空点測定でも充分事足りるのであるが，湖沼での水層反転混淆の時期における測定だとか潮汐流や河水流入により変動し勝ちな内海湾奥の水界などにおける測定だとかになれば，数少い時空点の観測結果を以てしては全体的な状況を正しく握把する事がなかなか困難になる[1]．殊に測定値の変動範囲が大きい場合にはその困難さが増大するだけでなく現象の判断に誤りを犯す虞れすら生ずるであろう．

その見方からすれば，水温や塩分の測定に時間的な又は空間的な連続性を持たせたい要求が生ずるのは当然であつて電気水温計（サーミスターを含む）などが最近活用されるようになつた事は誠に喜ばしい傾向である．

所で塩素量・酸素量・ビタミン B_{12} のような物理化学的もしくは生化学的要素については，その測定の技術上の問題や本質的な問題からしてそれらの連続測定が困難視又は不可能視されている現状にある．勿論沢山の労力や莫大な器材・船舶を駆使すれば連続観測に近い資料が得られる筈ではあつても現実がそれを許さないものと解すべきであろう．

そこで筆者等は，刻々の瞬間値を観測する困難さを避けむしろ長時間の平均値として測る事を考え，これらの物理化学的生化学的要素の変動値を均らした値として測知する方途を考えた．真の連続測定法と比べればむしろ後退した手段とも思われるが，時空的変動量の大きい要素の一時間点一空間点測定値のみで事象を判断するよりもそのような変動を繰り返すその一周期に亘つて採つた平均値の方が遙かに合理的でもあり事象判定に有用でもあると信ぜられるからである．

上の目的にそう採水器は，例えば潮汐干満の周期 12 時間乃至 24 時間に亘る連続性を有し，多水層（各水深）多地点に投入されて同一期間内の採水に適しなくてはならないので簡素且安価であらねばならない．我々はこれを層流毛細管活用法で試験して信頼すべき結果を得る段階に達することが出来た．

発表するに当り，実験の各時期に適切な示唆助言を下さつた本学柏田教授・柿本助教授・高橋助教授，並びに実施に際して協力を惜まれなかつた本学練習船しろやまの高橋船長以下各乗組員及び関係研究室員・学生諸君に対して深甚の謝意を表する次第である．

II. 毛細管と採水量

上述のように長時間（数十時間まで）の連続採水を簡便に行うためには適当な毛細管を用いて採水瓶内への流入量を制御するのが最良の方法であろう．塩分も水温も水の粘性を左右する重大な素因であるが，湾内の海水等では高温高塩分水と低温低塩分水とが入れ替る場合が多く，塩分と水温との粘度に及ぼす影響は互に消し合つている（従つて流量には有効数字下位 4 桁目で利く）という事実や水圧も常用水深迄の程度では粘性に大きな影響を及ぼさない事など念頭に置いて，次の計算では普通の海水の程度で之を進める事とする．所望採水量の点では大幅な誤差も許されるが粘度の微小変化は塩分などの時間平均値の精度に関係するから充分に留意せねばならない事勿論である．

今内径 d cm，管長 l cm の毛細管で水圧差 H cm が掛つた時管内の流速 v cm/s を生じたとすれば次式が成立する．

$$H=\tau(l/d)v^2/2g \qquad \cdots\cdots\cdots①^{*)}$$

ここで $g=980\,\mathrm{cm/s^2}$，τ は流体摩擦係数であつてレイノルズ数 Re が $Re<2320$（つまり層流）の場合大体に於て $\tau=64/Re$ と見做される．海水の動粘性係数を ν cm/s とすれば管内流では $Re=v\cdot d/\nu$ であるから

$$\tau=64\cdot\nu/(v\cdot d) \qquad \cdots\cdots\cdots②$$

②式を①式に入れて整理すれば

$$H=32\cdot\nu\cdot l\cdot v/(d^2\cdot g) \qquad \cdots\cdots\cdots③$$

一方この毛細管を通過する海水の流量 Qcc は次式で与えられる．

$$Q=\frac{\pi}{4}d^2\cdot v \qquad \cdots\cdots\cdots④$$

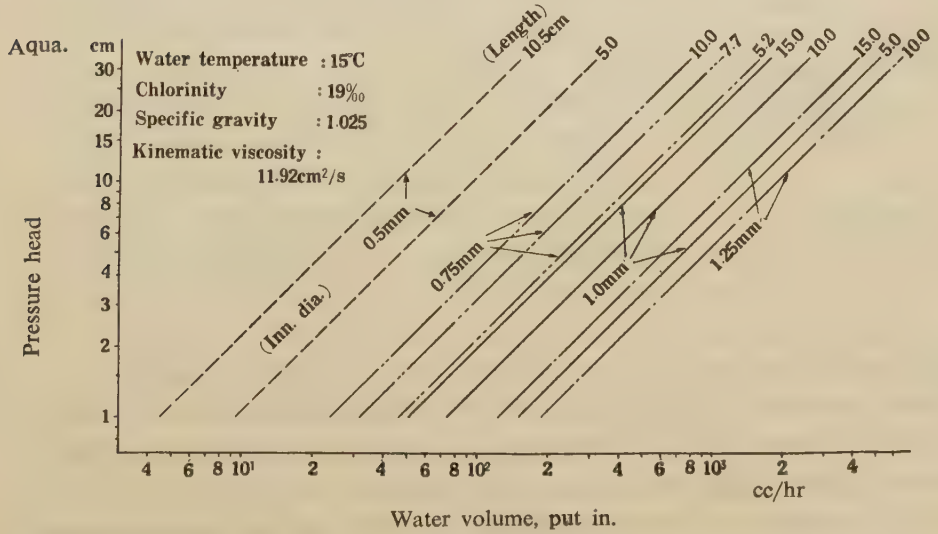
③式と④式とから v を消去すれば

$$Q=\pi\cdot g\cdot H\cdot d^4/(128\cdot\nu\cdot l)$$
$$\fallingdotseq 25.1\times H\cdot d^4/(\nu\cdot l) \qquad \cdots\cdots\cdots⑤$$

即ち採水量 Q は水圧差 H に比例し毛細管内径 d の 4 剰に比例し，管長 l や粘性（動粘性係数 ν）に反比例する事を知る．

Fig. 1 は管長（5～15 cm）と管内径（0.5～1.25 mm）について水圧差 H cm を縦軸に一時間当り採水量 Q cc/hr を横軸にとつて画いた計算線である．但し，計算には密度 1.025 の海水の 15°C における動粘性係数 $\nu=11.92\,\mathrm{cm^2/s}$ を用いた．

Fig. 1. Relation between pressure head and water volume
(Capillaries: inner dia. 0.5～1.25 mm, length 5.0～1.5 cm).



*) 計算が正しく成立するためには，流れの管内速度分布が抛物線的に安定した流れになるまでの長さを必要とする．この長さ l' は $l'=0.065\cdot Re\cdot d$ で与えられるので，例えば内径 0.5 mm の管では約 4 cm 以上の長さを使用せねばならない．

これによれば，18～24 時間に約 500cc を得るためには内径 d=0.5mm の毛細管を用いて管長 l=5～10cm，水圧差 H= 3 ～ 7 cm 程度とすればよい事を知る．Table. 1 には主として用いた 0.5mm 級の毛細管の実際値を掲げる．

Table 1. Capillaries used.

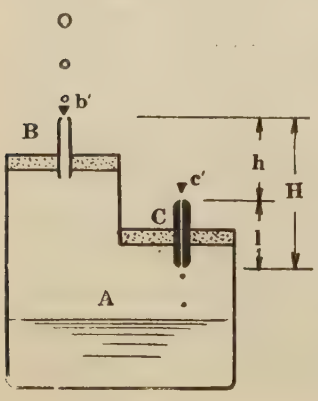
Dia. (mmφ)	Length in cm	
0.54	5.3	
0.55	5.0, 7 5, 8.5, 10.5	
0.57	7.5, 7.5	
0.58	5.3, 5.3	Total : 15
0.59	5.3, 7.5, 10.5	
0.607	10.5	
0.61	7.5	

Hg (0.1～0.15gr) was filled in a capillary (length ; 2～3 cm) and measured to calculate its inner diameter.

III. 実験の器材と要点

毛細管を用いる長時間採水器では，容器と泡の出口と毛細管とがあれば一応の要素は揃うのである．Fig. 2 においてAは採水瓶，Bは泡の出口管，Cは採水流入の毛細管を象徴する．瓶Aの内側の気圧（特に触れるまでは単純な空気が閉じ込められていると想定しよう.）と外側の海水圧とがほぼ平衡している状態で栓 b′, c′ を抜いたとする．この際外部圧力が内圧よりも高ければ海水が一度に泡出口管からも逆流入して連続採水の誤差を生ずるから内圧を外圧よりも若干高く保つて所望水深に置いた後開栓する方がよい．このようにして栓をとり去れば泡出口からは勿論毛細管からも泡が出はじめる．内圧が適当な値まで下ると毛細管から泡の出るのが先ず止まる．泡出口管Bの上端を毛細管Cの上端よりも差 h だけ高く置くならばこれだけの水圧差で海水は毛細管の内へ進入して管Cの下端から滴下し始める．これが定常状態の始発点であつてこれから以後作用する水圧差は図中の H であつて h でない事に注意すべきであろう．

Fig. 2. Illustration of continuous sampling water bottle.

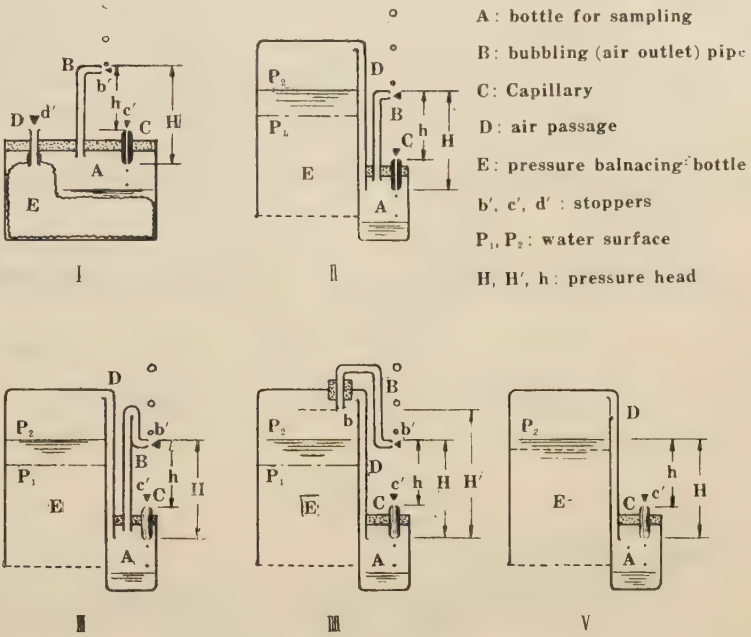


実際に本形式の採水器を活用しようとすれば上述の器内の圧力調整の問題が解決されねばならない．特別に深い所の採水を行いたい場合には適当な水深に相当する気圧の空気を予め充填して置く事も考えられるが，筆者等は取敢えず海面の大気条件から出発して数十m水深までの採水が空気置換で簡易に可能となるような調整法を考えた．

Fig. 3 (I) の方式では，採水瓶Aに圧力調整袋を入れ泡出口管B及び毛細管Cの栓を抜く前に袋の入口孔Dの栓を抜けばその水深での水が袋の中へ進入し瓶内の圧力が外部の海水圧力と等しくなる所で平衡する．その後でB，C両管の栓を抜けば Fig. 2 に於けると同様な基本形となる．

次章で述べる高須沖実験結果（Fig. 4）はこの方式（I）で行つたものであるが，水深の大なる場合圧力調整用の袋（ビニール製，圧力を担のうために外を綿網で掩う.）が破けたり孔があいたり完全に展開しないため調圧不充分だつたりして，水深10 m では約23%の，又 20 m で約54%の失敗例が見られた．尤も採水瓶の満杯になつているものを失敗と見做したので，そのうちの若干は調圧袋以外の故障も含まれている．亦（I）の方式では採られた資料水を他の瓶へ移すのにも不便を感じたので採水瓶Aを小型にして別に調圧瓶Eを設けてみた．この方式が Fig. 3 の(II)に示されている．この場合，栓 b′, c′ を嵌めたままで所望の水深（水深の大小に従つて調圧容器Eの容量も大小とする）に沈めると水面は p_1 まで上る．調圧瓶E並に採水瓶Aの容積をよく計算して p_1 面が泡出口管Bの上端より僅か低い所に来るよう調整し且EとA，BとCの夫々の相関高さを適当に採らねばならない．次に栓 b′, c′ を抜くと調圧瓶E内の水面は泡出口管Bの上端高さと等しい高さの水面 p_2 まで上昇する．その後が基本状態になつて毛細管Cから海水が滴下しつつその量だけの泡がBより立ち昇つて行く．

Fig. 3. Actual 5 types of water sampling method.



所がこの方式(II)にも欠陥が認められた．何かの理由*) で水面 p_2 が上昇して泡出口管Bの上端を超すと海水がこの管から逆流して瓶内へ入り始める事である．そのような瓶はすべて満水し，揚げた時には長時間連続採水したものか否か全く判定がつかなかつた．

そこで泡出口管の上部を曲げその曲がり点より相当下に出口端を置いて方式（III）とした．これを用いて得られたのが次章脇田沖実験の結果（Fig. 5）である．この場合実験開始後の6時間半の頃台風圏内に入り，管の折損やゴム栓はずれなどの故障を含め9割以上の瓶が満水してしまつていた．すなわち波浪のために浮子が上下し瓶が浅く（水圧が低く）なると泡が出て瓶が深く沈むと p_2 面が上り，これを繰り返して曲がり管高さをやがて p_2 面の高さが超えてしまい結果としては方式(II)と同様になつてしまつたものであろう．

*) 1959年8月末より9月初めにかけて鹿児島湾内各点の海況観測と同時に試みたが，全瓶失敗したので次章実験結果には掲げ得ない次第である．この際の理由としては潮流のため瓶が押され吊り紐に傾斜が生じて水深水圧に変動が起こりこの p_2 面上昇を来たしたものではないかという事が考えられる．

そこで更に,泡出管より一時的に海水が逆流して来ても採水瓶へ混入しないように Fig. 3 の（IIII）に示す方式を考えた. この方式でも水面 p_2 が次第に上昇し泡出管 B の内側端 b に達してしまう事は免かれないであろう. B 管や調圧連絡管 D に空気流通の摩擦抵抗が無いとして計算してみると水深 10m のとき数十回の上下動でこの状況となる. しかし, 水面 p_2 がこのように b 端に達した以後はどれ程瓶が上下しても泡を放出する事は無いからここで

Fig. 4–a. Salinity comparison between continuous sampling and instant ones.

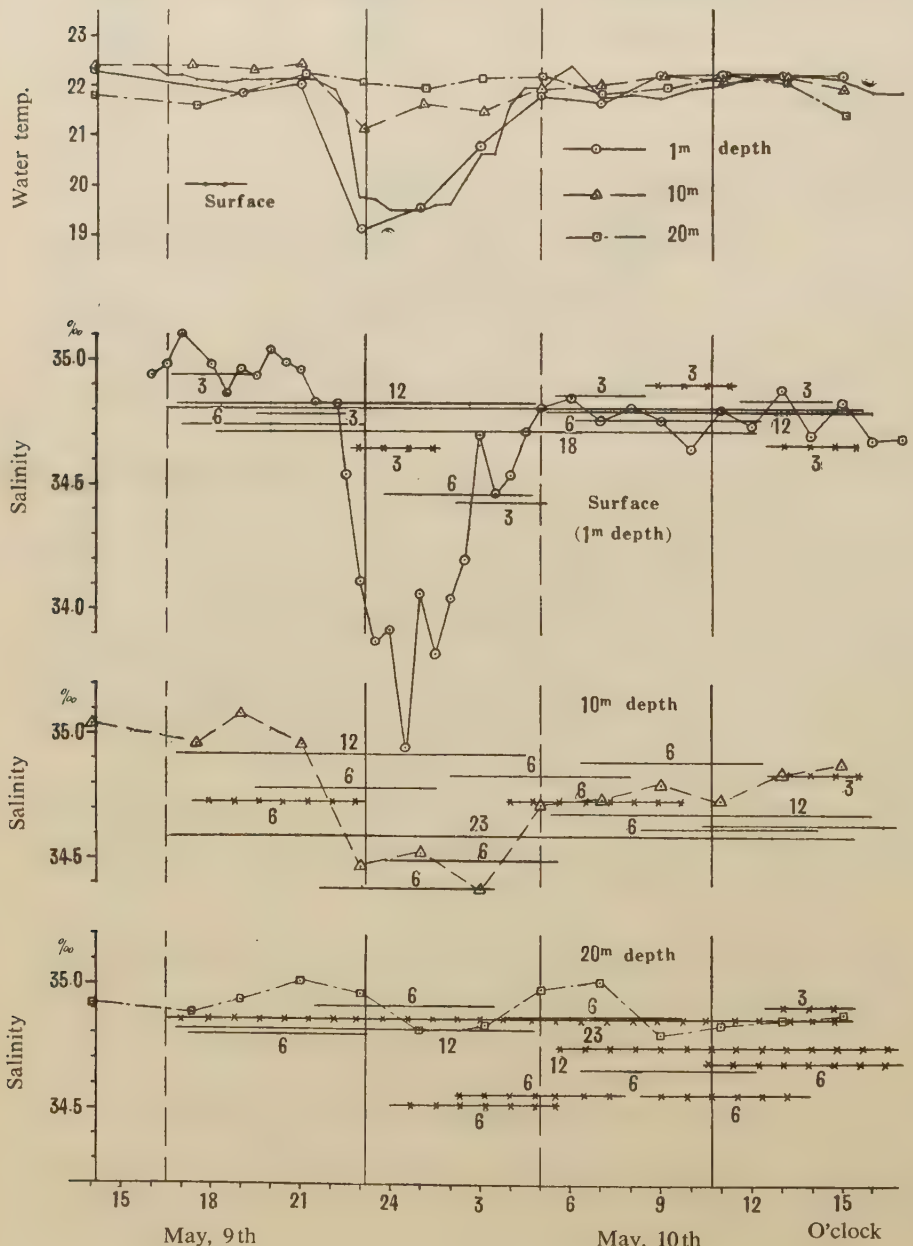
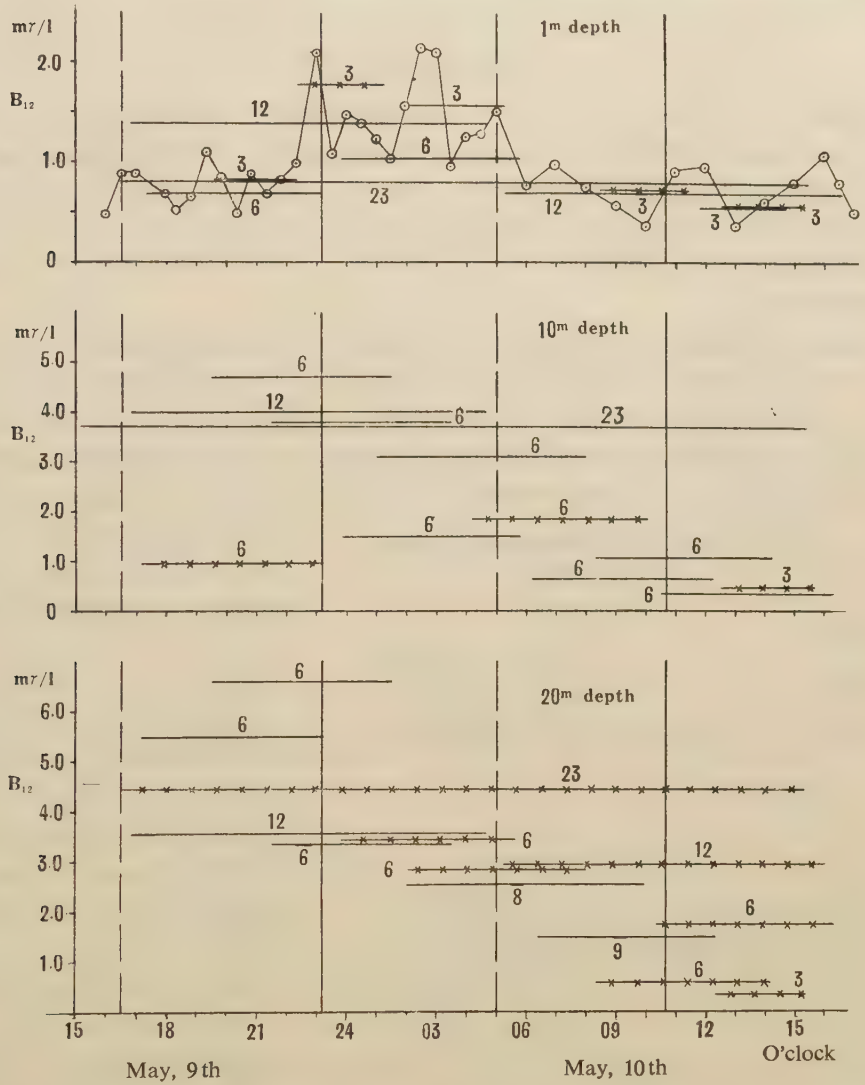


Fig. 4–b. V-B_{12} comparison between continuous sampling and instant samplings.



採水の模様は一応安定しこの状況下では採水瓶への流入（毛細管よりの）はもとの水圧 H でなくで図中 H' なる水圧の差で行われる事となる．それまでの段階でA内へ流入する単位時間当りの採水量は時間的に変化する事にもなり，亦上の状況に達した時刻が明確には把え難いという事もあるので資料に誤差を生じ易くなるのは必然であろう．従つてこの方式（Ⅲ）は水圧差 H の状態範囲で基礎実験に利用するにとどめた．

結局最後に考察したのが Fig. 3 の(V)に示す方式である．これは水槽内で ±45cm の上下動を多数回繰り返して実験観察した所でも上述のような欠陥を全く生じなかつた．EやAの各瓶の内容量や使用すべき水深に相当な厳密さを要求され，且水圧差 H に若干の減少を来たすという欠点はあるけれども，これらは計算や採水后の補正が理論的に利く範囲で

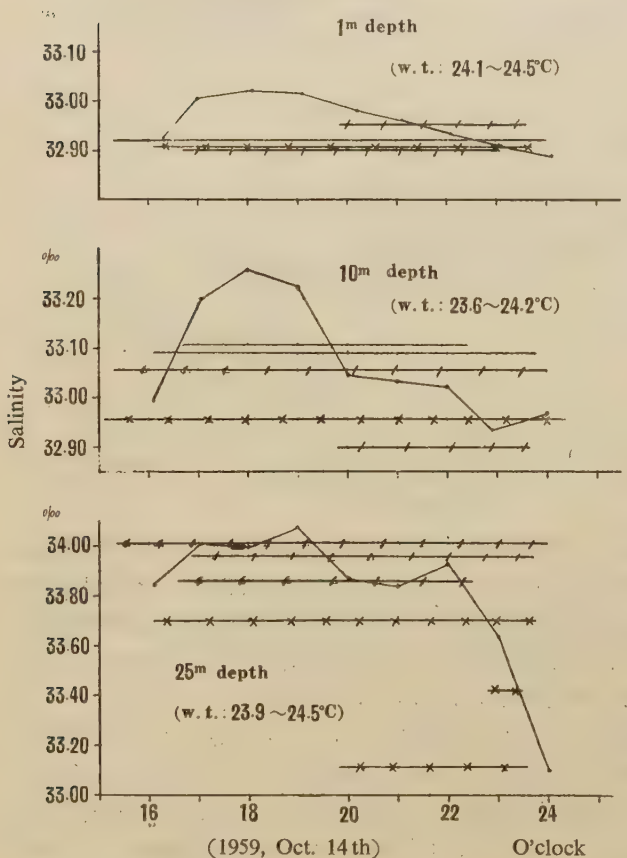
あるから我々は近い将来この方式を活用して再び荒れた（又は急潮流の）海で実用試験を行う予定である．

IV. 実験の結果とその考察

前章方式（I）によつて 1959 年 5 月 9～10 日，鹿児島湾内高須（大隅半島側）の沖水深 25 m の点で連続 24 時間の採水を行つた結果を Fig. 4 に示す．連続採水は表層 1 m 水深で行い，時点採水は表面水を手桶で汲んで之を行つたものである．10 m 水深，20 m 水深については顚倒採水器と方式（I）採水瓶とで等水深において実施した．図中—×—×—印のものは調圧袋が破れたり展開しなかつたりして不調に了わつたものであるが，そのまま測定値中に記入した．

測定地点が鹿児島湾口から正面に当る位置に選ばれた為であろう高温高塩分の水が卓越しているが，24 時間中に 1 回だけ満→干の間に低温低塩分の沿岸水が混入して来ている．このような地点でこの混入時間内に時点採水を行えば，真実ではあつてもその時季その日を代表するようなその地点の資料とはなり得ない事は明らかであり，連続採水の活用性が大いに認められてしかるべき事緒言の通りである．ビタミン B_{12} 量に関しても（水深 10 m，20 m の時点採水では B_{12} を測定しなかつたので表面・表層だけで比べて）同様の事が認められる．

Fig. 5. Example of continuous sampling, failed on rough sea.



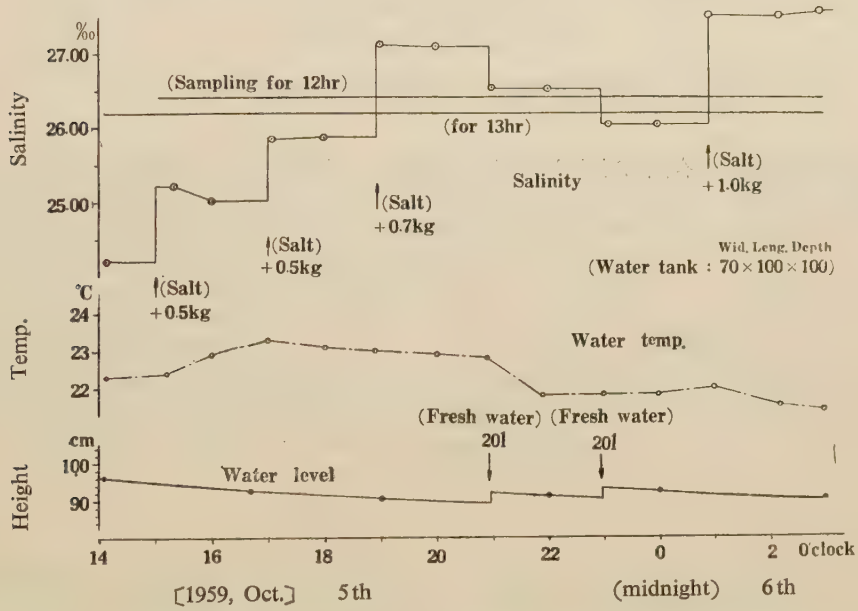
塩分やビタミンの資料そのものの考察には言及しないけれども，連続（純継続）観測の不可能（又は困難）な要素の検討には本論における如き長時間採水とそれによる平均値の資料とが重要な意味を持つに至る事を認めざるを得ないであろう．

Fig. 5 には Fig. 3 の方式（III）で 1959 年 10 月 14 日同じく鹿児島湾内脇田沖で採水した結果を示す．前にも触れたように，18号台風の接近によつて急に波浪が高まり練習船しろやま（約 20 トン）の碇着不安となつたので，36 時間連続採水の予定計画を放棄して全採水器を 6～8 時間内に引きあげてしまつたものである．ロープ網で掩つた 2 ケの瓶玉浮子が衝突破損する程の波浪を受けたので採水瓶の栓が

抜けたりガラス管（B, C）の折損したりしたものが多く生じたのでこの分には —/—/— 印を用いて示した．—×—×—印は前章に述べた方式（III）の欠陥を露呈した分であつて 23 時以后に揚げたものは殆ど全部これに含まれている．

Fig. 6 には方式（IIII）を用い，陸上の水槽（深；100 cm，幅；70 cm，長：100 cm の内容積）に海水を満たしその中で瓶をしばしば上下しつつ行つた基礎実験である．時点採水は連続採水器の毛細管 C の入口附近の水をサイフォン式に吸出して之を普通のやり方で検定した．

Fig. 6. Salinity, continuously sampled in tank, for checking.



食塩を添加したり水道水を追加したりして塩分の変化を図りその都度充分に攪拌したのであるが，変化を与えた直後に測つた時点採水の塩分値と約一時間後の中間測定時の値とが一致して居ない事もある．これは水温の影響や比重の関係で層が生じたりした為と考えられる．

それにしても図から判るように連続採水の結果は各時刻の時点採水の 12 時間平均値と ± 0.01‰ の誤差で一致して居る．これは塩分変動値 3.63‰ の 0.3% 以下であり測定法の許容誤差の程度でもあるから漁況や水質汚濁の現象を判定するのには充分役に立つ精度と見做してよいであろう．

V. 結　　論

以上述べた程度の長時間（連続）採水器では，例えば酸素溶存量測定には流動パラフィンを浮かばせて置かねばならないとか，ビタミン B_{12} 測定にはトルオールを予め瓶内に少量入れて置くとか，目的とする観測要素によつて幾多の改良を施さねばならないし，又時間当りの採水量も別途に得らるべき水温の連続測定資料により之を補正したりせねばならないであろうが，多くの空間点で多くの時間点について採水するに必要な船舶・人員・器

材・消耗品（硝酸銀など）の量に比べると遙かに僅少なそれらの量でより妥当な資料を得られるものと信ずる．即ち，測定したい点の任意の水層にこのような採水器を何箇でも浸漬して置き，18時間とか，24時間，36時間とか経過した後各点に船を走らせて器材を収納し採水をおこなつて廻われば事足りるからである．

Micro な海況や漁況を調査したり，水質汚濁の影響やノリ場での施肥効果等を検討したりするのには最も労少くして功多き方法を提供する器材であると信じてここに発表する次第である．諸賢の御批判や御叱正を得て更に有用な採水器へと発展改良させられるようそしてこのような器材が一日も早く実用普及されるよう期待して本報を結ぶ事とする.*)

文　　献

1. 花岡：水産増殖叢書，No. 10 (July, 1955)

*) 本器材は株式会社離合社岡部技師と協力し，実用器として世に問うべく目下試作中である．

漁船用簡易外板腐蝕検定器に就て

—共振法に依る超音波厚み測定—

奈良迫嘉一・大屋典弘・山辺　亮

Simplified Ultrasonic Shell-Plate-Flaw-Detector for Fishing Vessel With the Use of the Standing-wave Technique in the Thickness-measurement

Yoshikazu NARASAKO, Sukehiro ŌYA and Akira YAMABE

In order to carry out the easy and accurate detection of the shell-plate-flaw in steel fishing vessels, irrespective of the inspection-location, whether at sea or in docking, a simplified ultrasonic shell-plate-flaw-detector for fishing vessels was devised with the use of the standing wave technique in thickness-measurement.

As the result of the repeated experiments the effectiveness of the newly devised detector was proved to be generally good, with the accuracy lying within 3% mean error in the thickness-measurement (max. 5%); with the confirmation that by the observation of resonance-image-changing phase even the flaw-depth could be detected, though, at present, whether it was in contact with salt water or not, it was better that there was no paint and no curvature on the plate surface.

1. 緒　　言

一般船舶と異なり漁船は操業の特性から屢々外洋に無理な航海を行ない海難に遭遇する機会も多い．然るに強度並びに浮力の生命である外板保守に就ては経費の面もさる事ながら外板検査が技術的に非常に難かしく，従つて船主は勿論乗組員も安易な妥協におちいり，外板手入れ，取り換えをなおざりにし，その結果往々不測の災害をもたらした例がある．従来行われている外板検査は主として次の二通りである．即ちテストハンマーに依り不良外板面を叩きその際発生する異常音を聴いて腐蝕度を判定する方法と，外板面に一々テストホールを穿ち，該部の厚み測定を行ない肉眼にてその腐蝕度を観察，爾后熔接で穴埋めをして置くと云う方法であつて何れも高度の経験的技術と多大の労作を必要とするものである．さて外板材の厚さは鋼船構造規程に依り一応各船一定なる事から逆に超音波共振法に依り片面からその厚みを測定すれば，航海中，ドック中を問わず容易にその腐蝕度を測定，常時予防措置をこうじ，船体安全を確保出来る訳である．著者等はこの目的を以て昭和32年4月以来約2年に亘つて本検定器の試作と性能改善に就て努力し，漸やく実用化への見透しを得た．茲に本検定器の構造とその性能の概要に就て報告する．

2. 実 験 器 材

パルス電圧発振器：本学文理学部物理学研究室にて試作されたもので，大きさ 45.7cm×24.3cm×25.7 cm のケースに発振部，増幅部，変調部，検波部，電源部の5部が収納されてい

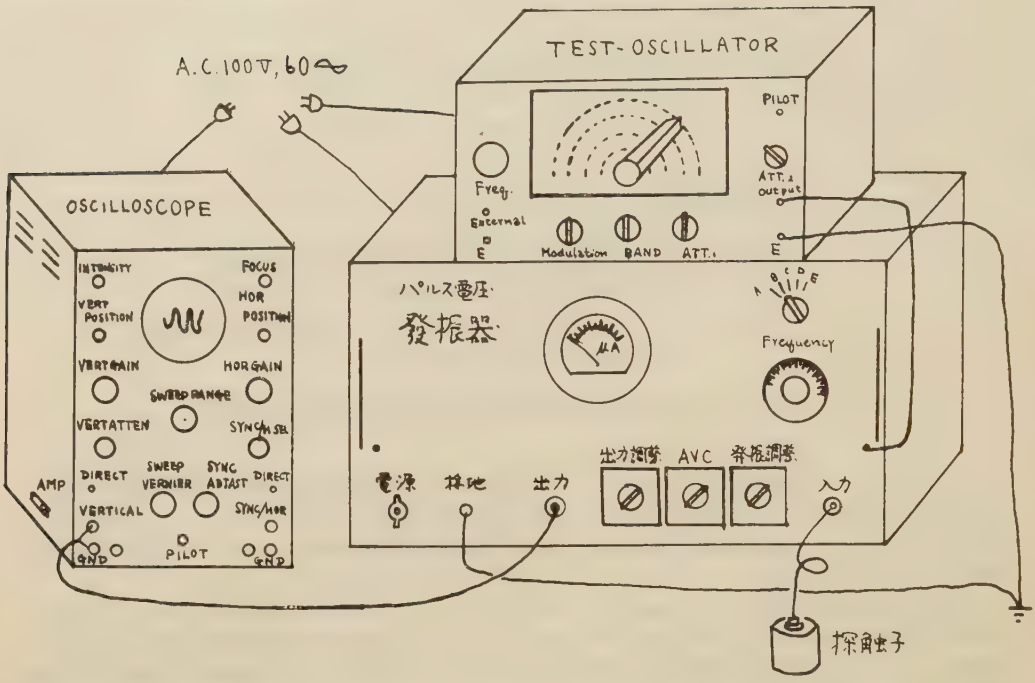


Fig. 1. Exterior view of simplified ultrasonic shell-plate-flaw-detector for fishing vessel with the use of the standing-wave technique in the thickness-measurement.

る．その外観は Fig. 1 に，配線図は Fig. 2 に示されている．真空管発振式であつて，その出力電圧を探触子（水晶振動子）に加え，之を金属板に接着させて測定板中に超音波を発射させるもので，発振周波数帯は960KC～1 223MC, 1.1835 MC～1.9425MC, 1.857 MC～3.004 MC, 2.840 MC～4.575 MC, 2.085 MC～3.367 MCの 5 域に切り換えられる．尚共振図形を鮮明且つ鋭敏に作らせるため，レシーバー・ケースを利用，内部に 2 枚の鉄薄円板を入れ之に A.C. 60 cycle をかけて，その間に空気コンデンサーを形成，1/60 sec に 1 回の割で共振をさせて変調を行なうように作られ

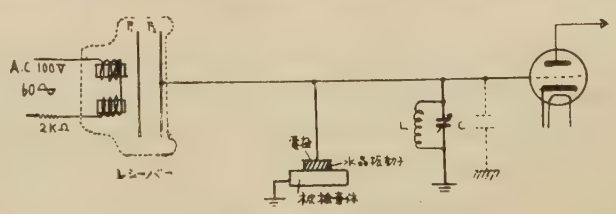


Fig. 3. Method of frequency modulation.

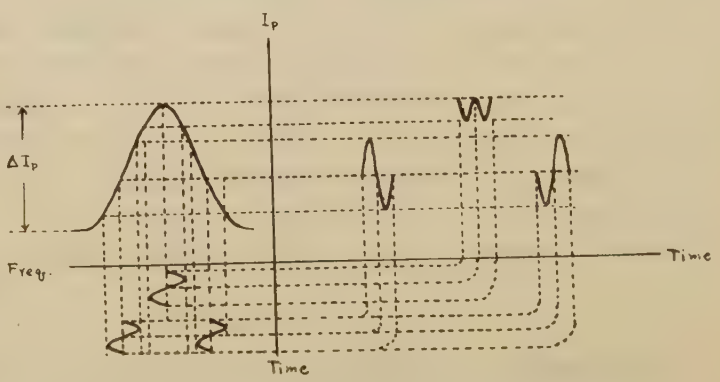


Fig. 4. Principle of frequency modulation.

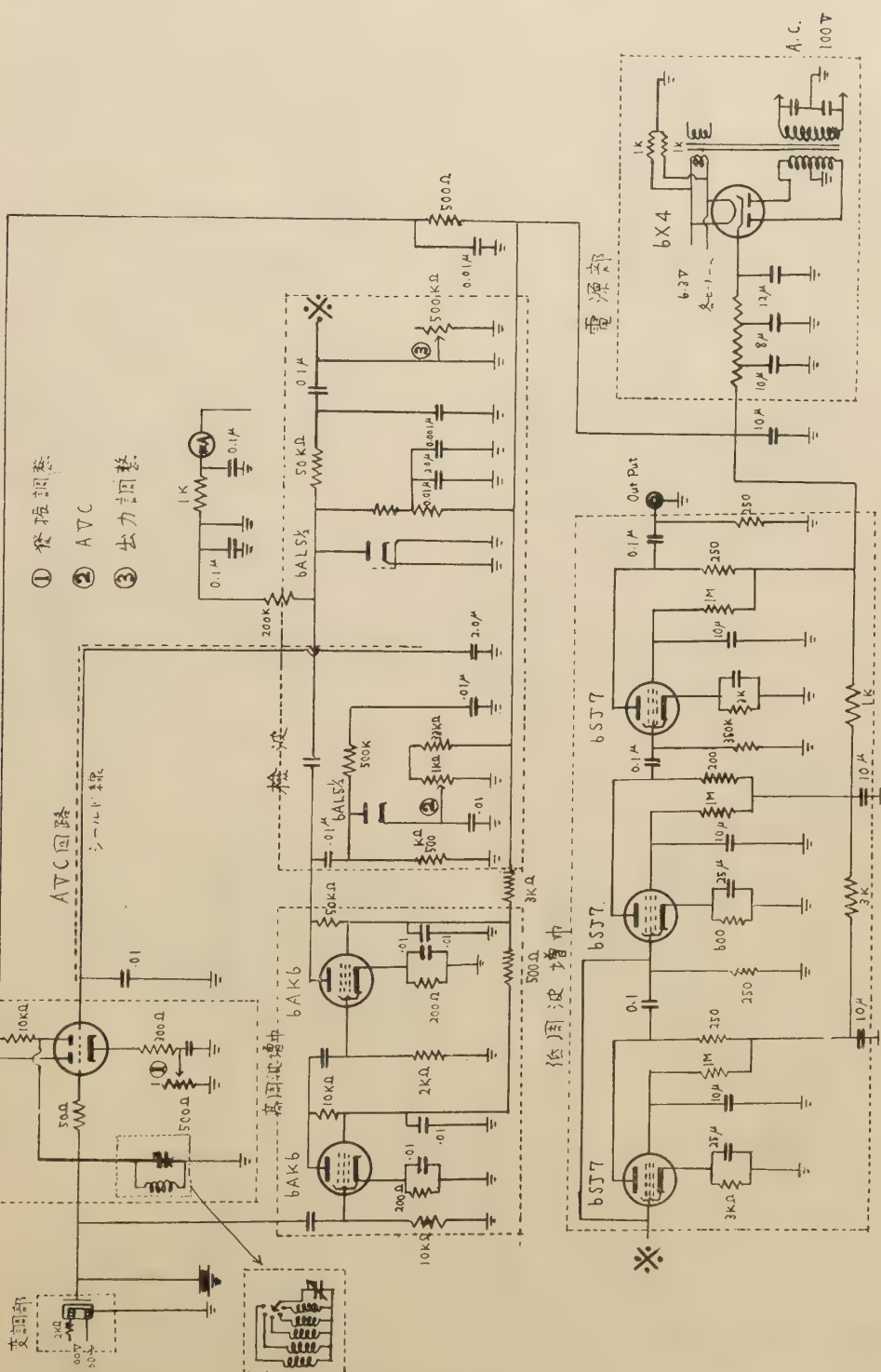
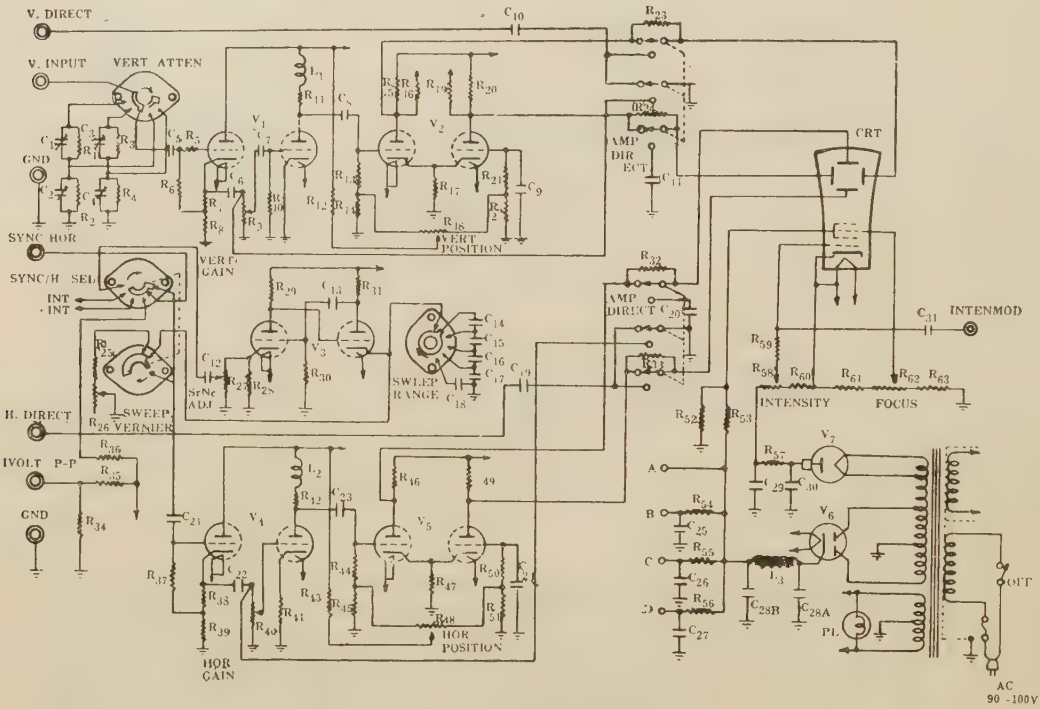


Fig. 2. Circuit diagram of pulse generator.

ている． Fig. 3, 4 に之を示す．

受像器：「KIKUSUI OP-31A」Push-Pull Oscilloscope 3″ブラウン管で 18.0 cm×26.0 cm ×32.5 cm のケースに格納されている．その外観を Fig. 1 に，配線図を Fig. 5 に示す．



註

C_1 14PF max	C_{22} 50 μF	R_1 2M	R_{22} 20K	R_{43} 100K	V_1 12AT 7
C_2 0.001 μF	C_{23} 0.1 μF	R_2 20K	R_{23} 2M	R_{44} 2M	V_2 12AT 7
C_3 14PF max	C_{24} 0.05 μF	R_3 2M	R_{24} 2M	R_{45} 10K	V_3 12AU7
C_4 50PF	C_{25} 20 μF	R_4 250K	R_{25} 150K	R_{46} 20K	V_4 12AU7
C_5 0.1 μF	C_{26} 10 μF	R_5 100K	R_{26} 3M	R_{47} 2K	V_5 12AU7
C_6 100PF	C_{27} 20 μF	R_6 2M	R_{27} 100K	R_{48} 50K	V_6 6X4
C_7 0.1 μF	C_{28A} 10 μF	R_7 500K	R_{28} 2K	R_{49} 20K	V_7 1X2A
C_8 0.1 μF	C_{28B} 10 μF	R_8 5K	R_{29} 20K	R_{50} 2M	CRT 3KPI
C_9 0.05 μF	C_{29} 0.2 μF	R_9 5K	R_{30} 500K	R_{51} 10K	
C_{10} 0.1 μF	C_{30} 0.2 μF	R_{10} 10M	R_{31} 5K	R_{52} 500K	
C_{11} 0.1 μF	C_{31} 0.01 μF	R_{11} 3K	R_{32} 2M	R_{53} 50K	
C_{12} 0.1 μF		R_{12} 100K	R_{33} 2M	R_{54} 20K	
C_{13} 0.05 μF		R_{13} 2M	R_{34} 1K	R_{55} 50K	
C_{14} 150PF		R_{14} 20K	R_{35} 8K	R_{56} 20K	
C_{15} 0.002 μF		R_{15} 10K	R_{36} 10K	R_{57} 100K	
C_{16} 0.02 μF		R_{16} 100K	R_{37} 2M	R_{58} 50K	
C_{17} 0.2 μF		R_{17} 1K	R_{38} 2K	R_{59} 500K	
C_{18} 700PF		R_{18} 20K	R_{39} 15K	R_{60} 10K	
C_{19} 0.1 μF		R_{19} 100K	R_{40} 20K	R_{61} 150K	
C_{20} 0.1 μF		R_{20} 10K	R_{41} 1K	R_{62} 250K	
C_{21} 0.1 μF		R_{21} 2M	R_{42} 15K	R_{63} 500K	

Fig. 5. Circuit diagram of oscilloscope.

探触子：本学水産学部漁船工学研究室にて試作したもので金石舎製 X-Cut 水晶振動子（直径 30 mm，厚さ 1 mm，固有振動数 3 MC，両面銀メッキ仕上げ）を真鍮製保持器に納

めた無接地電極型のものである．振動子は 3 MC で指向角 3°48′, 1 MC で 13°52′ である．保持器に就ては堅固で小型而も厚み振動を出来るだけ自由にし，厚み辷り振動，輪廓辷り振動，屈曲振動を出来るだけ抑圧するものとして計画した．その外観は Fig. 1, 構造図を Fig. 6 に示す．尚測定に当つては被検査鋼板との間に接触用媒質としてヒマシ油を用いた．

テストオシレーター：三和無線測器研究所の製品 SO–25 で発振可能周波数は 150KC～50MC で途中 6 段切換，寸法は 26.2cm×17.3cm×33.5cm で外観は Fig. 1 に，配線図は Fig. 7 に示す．

試験片：造船用鋼材のサンプルとして下関三菱造船所より寄贈を受けたもので厚みは次の 11 通りである．即ち 12.60mm, 12.00 mm, 9.55 mm, 8.60 mm, 8.00 mm, 7.25 mm, 6.85 mm, 5.80 mm, 5.00 mm, 4.03 mm, 1.90 mm, 上記材料を各板厚別に 6 cm× 6 cm の方形に切断，之に種々の加工処理を行ない，厚み測定と探傷を試みた．

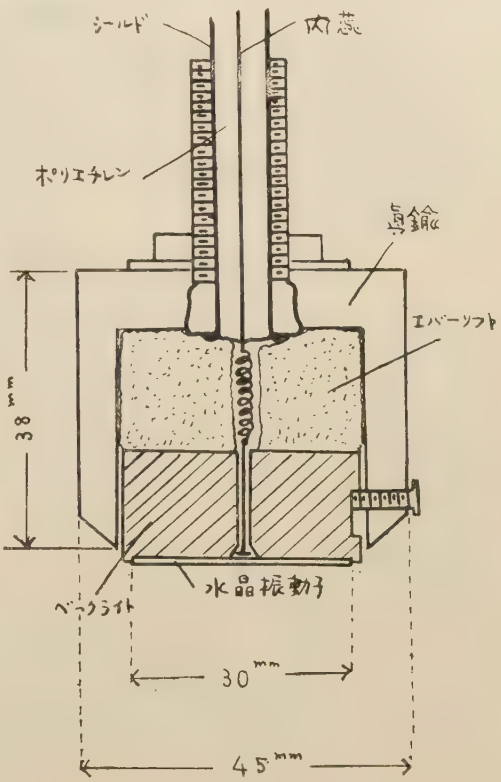


Fig. 6. Construction of searching unit.

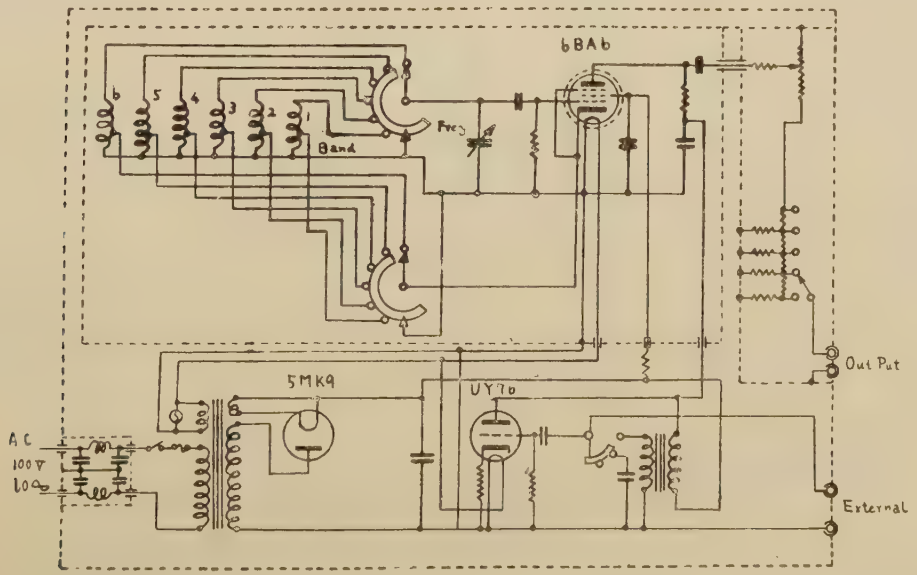


Fig. 7. Circuit diagram of test-oscillator.

3. 実験結果と其の考察

共振法(干渉法)厚み測定の原理は，水晶振動子を鋼板の外側表面にあてて，それに加わる高周波電圧を連続的に変化させると，鋼板の厚さが半波長の整数倍に等しくなるような周波数で鋼板が共振するので，その反作用で発振器の電圧，電流に大きな変化を生ずる．この反作用に依つて共振周波数を測定し，之から厚みを算定するものである．即ち相隣る共振周波数の差を $f_n - f_{n-1}$ とすると，その厚さ t は

$$t = v/2\,(f_n - f_{n-1})$$

玆に v はこの鋼板内の縦波の伝播速度

で求められる．尚上式の v については通常，鋼に対して用いられる $v = 5440 \sim 6320$ m/sec の値を採用しても実用的には厚み測定上大なる誤差は生じないが，予じめ試験片の厚みをマイクロメーターに依り正確に測定し，この値を上式に代入，逆算に依つて v を求め，爾後の試験片の厚み測定にこの値を使用すれば測定の精度を更に高くすることが出来，読みの誤差は最大 5 %，平均 3 %程度に留める事が出来る．本試験片では $v = 5991.2$ m/sec. 尚実験に於ては鋼材の組織の変化に注目せず一応同質のものとして取扱つた．

1 厚み測定

a. 旋盤仕上面からの測定

Table 1. Thickness-measurement by standing wave method on the finished surface by lathe of steel plate.

試験片 ＼ 項目	第 n 次共振周波数 f_n Mc	第 $n-1$ 次共振周波数 f_{n-1} Mc	計算による板厚 $t_c$mm $= v/2\,(f_n - f_{n-1})$	測定誤差 % $\varepsilon = \frac{t_c - t_T}{t_T} \times 100$	平均測定誤差 % ε_m	面処理
マイクロメーターに依る厚さの実測値 mm t_T	8.77	1.695	1.347	8.60	1.9	1.6	表裏とも研磨仕上
		2.026	1.695	9.05	3.2		
		2.363	2.026	8.88	1.2		
		2.700	2.363	8.88	1.2		
		2.700	2.360	8.81	0.4		
	11.88	1.518	1.255	11.39	3.4	3.8	表面旋盤仕上，裏面研磨仕上
		1.765	1.518	11.65	1.3		
		2.020	1.768	11.74	0.5		
		2.255	2.020	12.70	7.6		
		2.507	2.255	11.88	0.7		
		2.748	2.507	12.42	5.2		
		2.507	2.270	12.63	7.0		
		2.750	2.507	12.32	4.4		
	11.92	1.482	1.240	12.38	3.7	4.1	表面旋盤仕上，裏面黒皮付き
		1.745	1.482	11.33	4.9		
		2.010	1.745	11.30	5.2		
		2.243	2.010	12.85	7.8		
		2.485	2.243	12.37	3.8		
		2.730	2.485	12.22	2.5		
		2.497	2.240	12.12	1.6		
		2.727	2.492	12.47	4.6		

b. 黒皮付面からの測定

Table 2. Thickness-measurement by standing wave method on the millscaled surface of steel plate.

試験片 ＼ 項目	Mc f_n	Mc f_{n-1}	mm t_c	% ε	% ε_m	面処理

mm t_T	5.62	2.110 2.627 2.628	1.590 2.110 2.110	5.76 5.79 5.78	2.5 3.0 2.8	2.8	表裏とも黒皮付き
	8.86	1.690 2.015 2.360 2.690	1.340 1.690 2.015 2.360	8.56 9.22 8.68 9.08	3.4 4.1 2.3 1.4	2.8	同上

c. ペイント塗装面からの測定

Table 3. Thickness-measurement by standing wave method on the painted surface of steel plate.

試験片＼項目		Mc f_n	Mc f_{n-1}	mm t_c	ε %	ε_m %	面処理
mm t_T * を塗膜を含む厚さ	8.13 (8.00)	1.860 2.215 2.590	1.470 1.860 2.215	7.68 8.43 7.93	5.5 3.6 1.8	3.6	表面黒皮上にA/cペイント1回塗り，裏面黒皮付き
	8.27 (8.00)	2.187 2.590	1.840 2.187	8.63 7.43	4.4 10.2	7.3	同上，但しA/cペイント2回塗り

d. 裏面が接水している場合 (Fig. 8)

Table 4. Thickness-measurement by standing wave method when the back of steel plate is in contact with salt water.

試験片＼項目		Mc f_n	Mc f_{n-1}	mm t_c	ε %	ε_m %	面処理
mm t_T	6.74	1.776 2.207 2.645	1.320 1.776 2.207	6.56 6.94 6.84	2.7 3.0 1.4	2.4	表裏とも黒皮付き

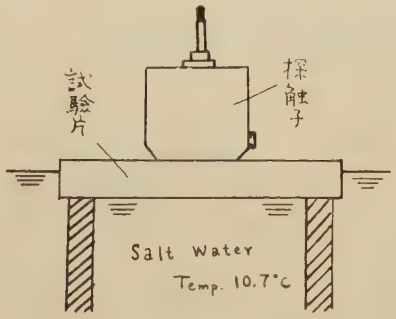


Fig. 8. Thickness-measurement when the back of test piece is in contact with salt water.

e. 裏面にペイント塗装のある場合

Table 5. Thickness-measurement by standing wave method when the back of steel plate is painted.

試験片＼項目		Mc f_n	Mc f_{n-1}	mm t_c	ε %	ε_m %	面処理

mm t_T * を塗膜厚さを含む	8.27 (8.00)	2.590	2.240	8.60	4.0	4.0	表面黒皮付き，裏面黒皮上に A/c ペイント 2 回塗り
	9.02 (8.86)	1.670 2.365 2.700	1.327 1.670 2.365	8.70 4.30 7.70	3.5 46.8 14.6	21.6	同 上

f. 曲げ鋼板の測定

厚さ 5.62mm，曲率半径 78.0mm；厚さ 8.43mm，曲率半径 181.5mm 何れの鋼板も凸面側に探触子をあて測定を行つたが共振点を探知出来ず．

g. 表裏不平行な鋼板の測定

面角 2′51′ のとき共振点を探知出来ず．

従つて通常の外板用鋼材に就ては次の事が云える．即ち a, b, c の実験から面処理が黒皮付き，旋盤仕上げ，研磨仕上げの如何を問わず探触子との音響的接触が緊密な範囲では比較的エネルギー・ロスが少く 1.2 MC～2.8 MC の発振周波数で容易に且つ正確に共振像を捕えることができ，之より外板厚みを平均誤差 3％以内で測定できる．

尚鋼面と水との境界面に於ける超音波エネルギーの反射率は 88％である事が知られているが，d の実験から航海中でも内部から外板の厚さを検定出来ることが判る．c, e, f, g より探触子の使用に際してはかなり技術的な制約を受けることが知られる．即ち外板面の内外塗装は之をはぎとること，又外板の表裏面は出来るだけ平行で且つ曲げ外板の際も曲率は出来るだけ大きい方が望ましく，之に依つて探触子を被検査面に密着せしめ，水晶振動子の送受の音響的エネルギーを最大限に確保すべきである．

尚ペイントに就ては塗膜厚さが平均 0.25mm 以上になると境界面の勢力反射率が小なるため，減衰が甚だしく測定は不可能となることは注意を要する．

2 探 傷

厚み測定に準じ，探触子を聴診器式に被検査外板面上にあて，検査部位各点の共振図形を作りその映像の崩れから探傷を行う．

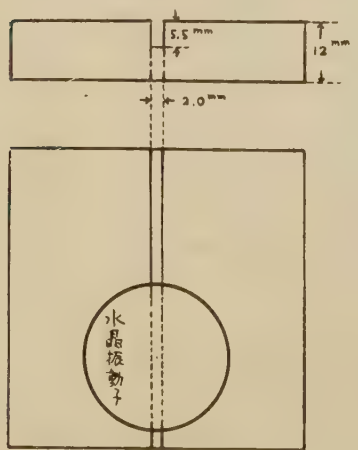


Fig. 9. Test piece–a.

a. 試験片 (Fig. 9)

水晶振動子を逐次傷中心に近づけて行くときその距離が 3 mm 以上では傷を探知出来ないが 3 mm 以内に入ると共振図形の崩れから傷の存在を探知出来る．尚 Table 6 のように同一位置 (Fig. 9) でも周波数が大になると測定値が変ることは注目すべき点である．

b. 試験片 (Fig. 10)

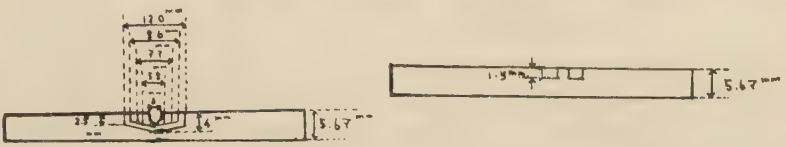
水晶振動子を常に傷の中心に置いたままドリルで順次拡大して行つた場合の穴に対する探傷実験を行つたが孔径 7.7mm 以上 (水晶振動子の面積の 5.1％) で始めて 1.580MC, 2.090MC のとき共振図形の生滅が明確でなく像が崩れ傷の存在を認知できた．

Table 6. Thickness-measurement by standing wave method on test piece-a.

試験片 \ 項目		Mc f_n	Mc f_{n-1}	mm t_c
mm t_T	12.0	2.190	1.712	7.7
		2.437	2.190	12.1
		2.680	2.437	12.3
		2.715	2.680	

c. 試験片 (Fig. 11)

この程度の穴の大きさでは何れも傷の探知は不可能.



d. 試験片 (Fig. 12)

鋼板の裏面右半部に曲率半径約 200 mm の凹部を作つて測定する. 但し表面は何れも研磨. 左半部に於ては典型的な共振図形, 右半部では共振図形を視認できず.

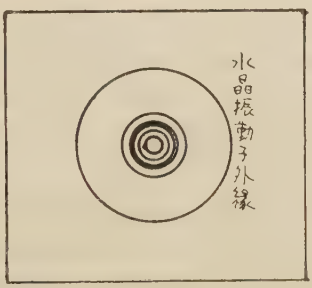


Fig. 10. Test piece-b.

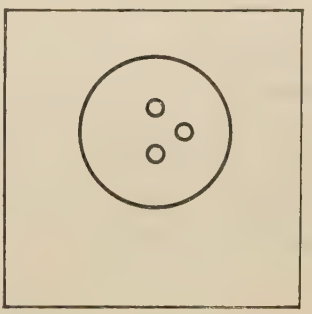
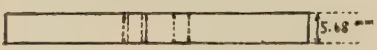


Fig. 11. Test piece-c.



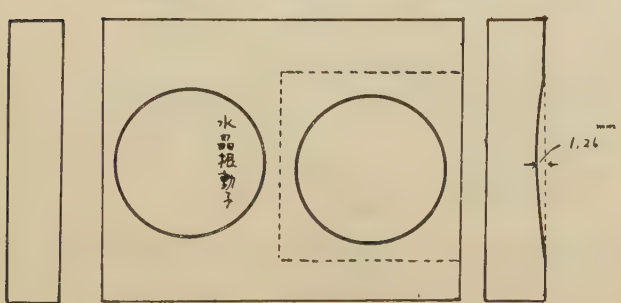


Fig. 12. Test piece-d.

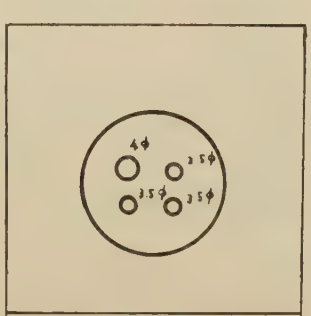


Fig. 13. Test piece-e.

e. 試験片 (Fig. 13)

共振周波数 1.585 MC, 2.105 MC に於ける共振図形は上下伸縮即ち振巾変化のみであるが, 2.630 MC に於て明瞭な共振図形の生滅を視認した. 従つて同一周波数を使用すれば無傷部の共振図形との比較に依り探傷が出来る.

一般に同一大きさの水晶板では周波数が高ければ高い程, 従つて波長が短ければ短い程鋭い指向性, 強い反射率, 大きな分解能を示し, その逆に媒質の粘性と散乱に依つて減衰

度が高くなることが超音波の特性として既に物理的に解明されている．吾々の実験に於てもこの事実を裏書きする如く a, b, c, e 試験片から外板面に対する水晶振動子の接触面積と内部傷の大きさとの割合に依り探傷され得る傷の大きさが決ることを知つた．更に d 試験片から底部曲面の存在は，超音波の指向性の故に音波の反射のエネルギーを極度に減少せしめ，共振図形を得る事が困難であることも知り得た．之等より同一箇所の探傷を周波数を種々に変えて行い，それからの探傷図の変化を比較すれば，欠陥の性状，大小，組織の状況等も或る程度判断出来ることになろう．

4. 結　　言

共振法に依る超音波厚み測定原理を利用した簡易外板腐蝕検定器の試作の結果性能的にもかなり優秀な結果を得たが，通常の外板用鋼材に就ては一般に厚み測定より探傷の方が技術的に困難であつて更に今后の研究が望まれる．

1 厚み測定

1. 面処理（黒皮付き，旋盤仕上げ，研磨仕上げ）の如何を問わず探触子との音響的接触が緊密ならば測定は誤差 3 %以内で容易且つ正確に行える．
2. 外板が海水に接する，接しないに拘らず従つて航海中，入渠中を問わず，被検査外板の片面からの測定は可能である．
3. 探触子の接触面積を大ならしめる意味で外板の曲率は出来るだけ大きいことが望ましい．
4. ペイントに依る音波の減衰が甚だしいため，測定に当つては外板面より内外共之をはぎとる方が良い．

2 探　傷

1. 水晶振動子の面積と傷の大きさの割合により探傷され得る傷の大きさが決る．
2. 水晶振動子の面と傷の面が平行でないと大きい傷でもその位置を測定出来ない．
3. 表面と反射面とが平行でないときは共振図形を視認し得ない．
4. 略同一周波数で板厚に相当する共振図形を得られないとき，或いは共振図形の生滅が明確でないときは，一応傷の存在を疑つて良い．
5. 発振周波数の高低に依つて同一傷でも共振図形の崩れの度合が異なる．

本実験をすすめるに当つてパルス電圧発振器の製作に就ては素より，終始御懇切な御指導，御協力を賜わつた文理学部中村末男助教授に対し深く謝意を表する．

文　　献

日本学術振興会：超音波探傷法，丸善株式会社　（昭和 31 年）
日本非破壊検査協会：非破壊検査の実際，オーム社（昭和 32 年）
丹羽　登：超音波応用，共立出版株式会社　（昭和 31 年）

トカラ列島近海におけるカツオの漁場構成に関する研究（第Ⅰ報）

漁場水温と漁況について

盛　田　友　弐

Studies on the Constitutional State of Skipjack* Fishing Ground over the Waters near the Tokara Rettō (I)

On the Relation between the Water-temperature and the Catching Condition in the Fishing Ground

Tomokazu Morita

In the Tokara Sea, the skipjack fishing water-temperature is about 20°～30 C throughout a year. And during the term when the water-temperature shows comparatively high and low degrees within the limits of 20°～30 C no temperature variation is to be observed through the sea conditions, with good catches of the skipjack. At the term when the sudden ascent and descent of water-temperature occurrs in the fishing ground some remarkable time variation in the sea condition becomes to be noted, with poor skipjack catches. As to the horizontal distribution of water-temperature, when the fishing ground shows a higher and more constant temperature than the other ones, the good skipjack catching is to be expected on the ground.

From the above mentioned results it is assumed that the catching condition over the Tokara Sea may be expected to be good, provided that the water-temperature estimated both from the terminal and spatial view points is kept comparatively constant, and moreover that it is confronted by the opposite inconstancy.

緒　　言

カツオ漁場において，多くの漁船がその操業時に測定している水温はその漁場を解析するのに重要な資料であると考える．

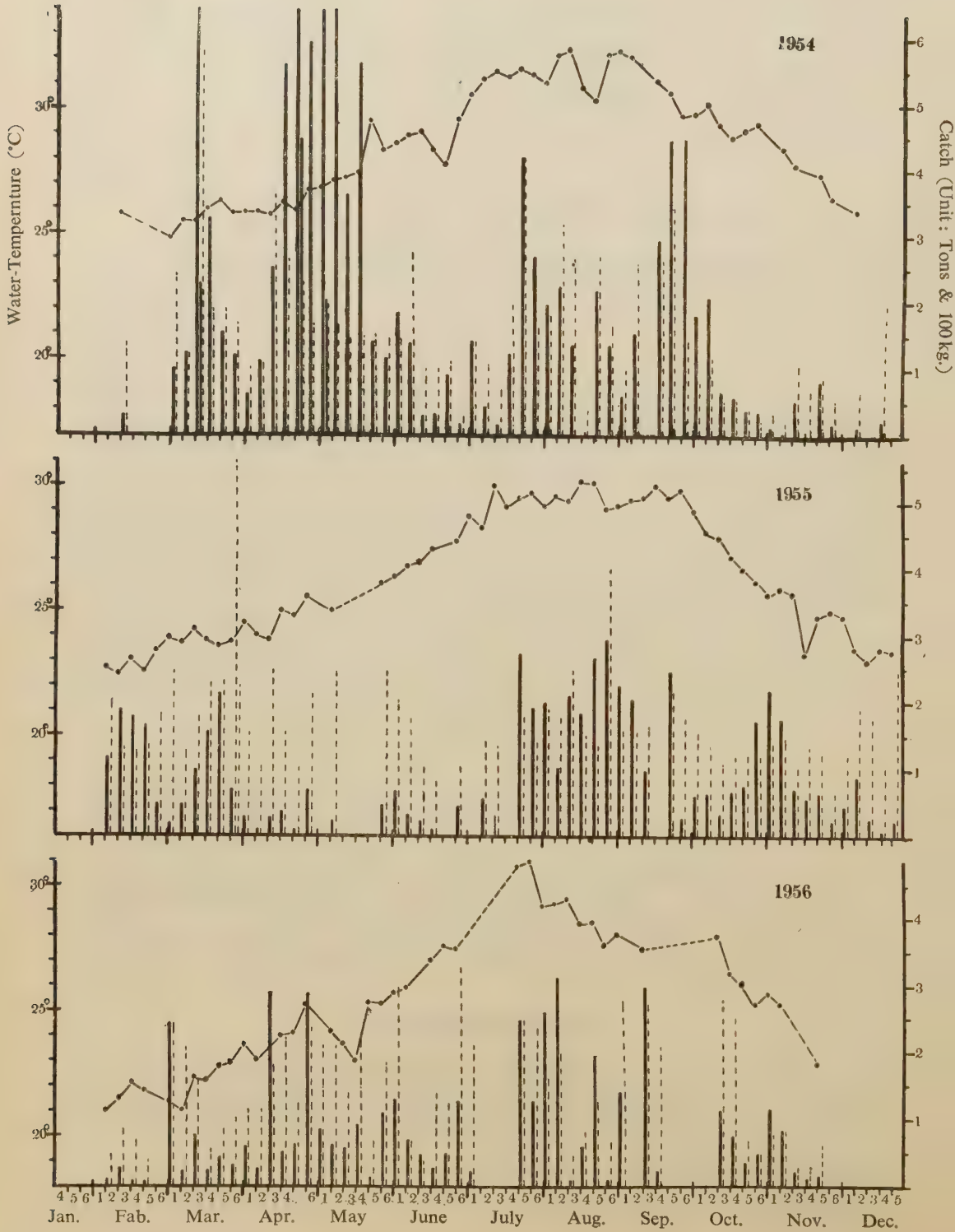
本論は，トカラ列島近海（以後トカラ海域と呼ぶ）においてカツオ漁をなし，枕崎港にて水揚げする漁船によつて報告された測温資料及びこれに関連する各調査機関の海洋観測資料[1)2)3)]を併用して，同海域のカツオ漁場の解析を水温によつて検討したのである．即ち，カツオ漁場における水温の時間的，空間的配在はカツオの漁況変動に少なからず関連しているようである．[4)]

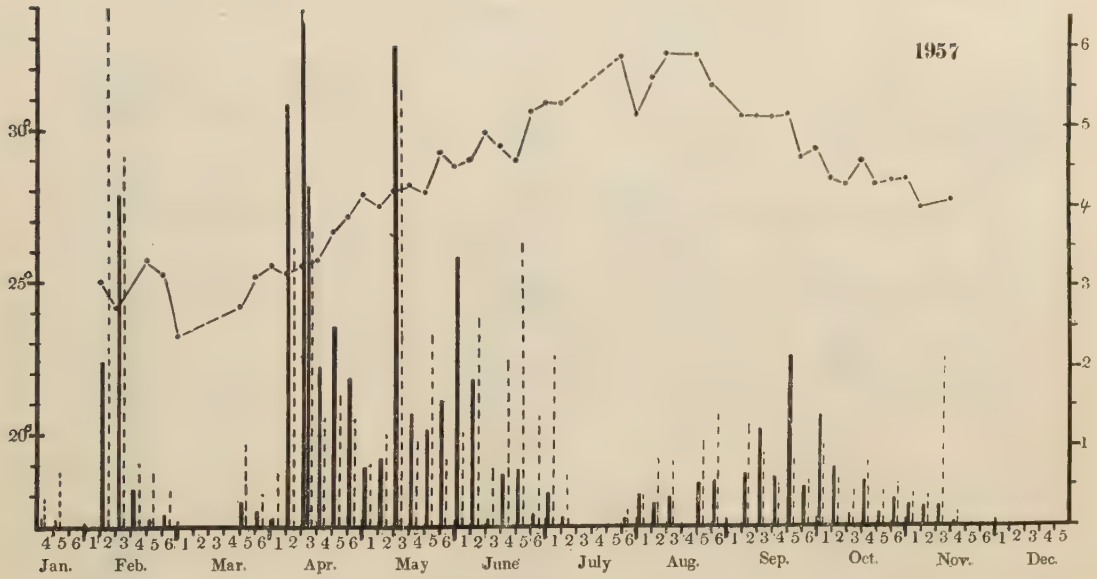
表面水温の時間的変動と漁況

トカラ海域において，カツオの中心漁場となつているのは 29°～30°N, 128°-30′～129°-30′E の区域内であり，その海区に出漁して，操業した漁船によつて報告された表面水温と漁獲量の資料を 5 日間毎に区分して（1 ケ月間を 6 期に区分する）整理し，両者の時間的な変動状況を Fig. 1 に示した．

---

* Skipjack : *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus)


1954
1955
1956
Water-Tempernture (°C)
Catch (Unit: Tons & 100 kg.)
30°
25°
20°
Jan.
Fab.
Mar.
Apr.
May
June
July
Aug.
Sep.
Oct.
Nov.
Dec.



—•—: Average water-temperature, ——: Total catch in a term (Unit: Metric tons), ·····: Catch per one time fishing (Unit: 100kg).

Fig. 1. Showing the time variation of the average water-temperature and that of the skipjack catch at the area of Lat. 29°～30°N, Long. 128°-30′～129°-30′E in the Tokara Sea.

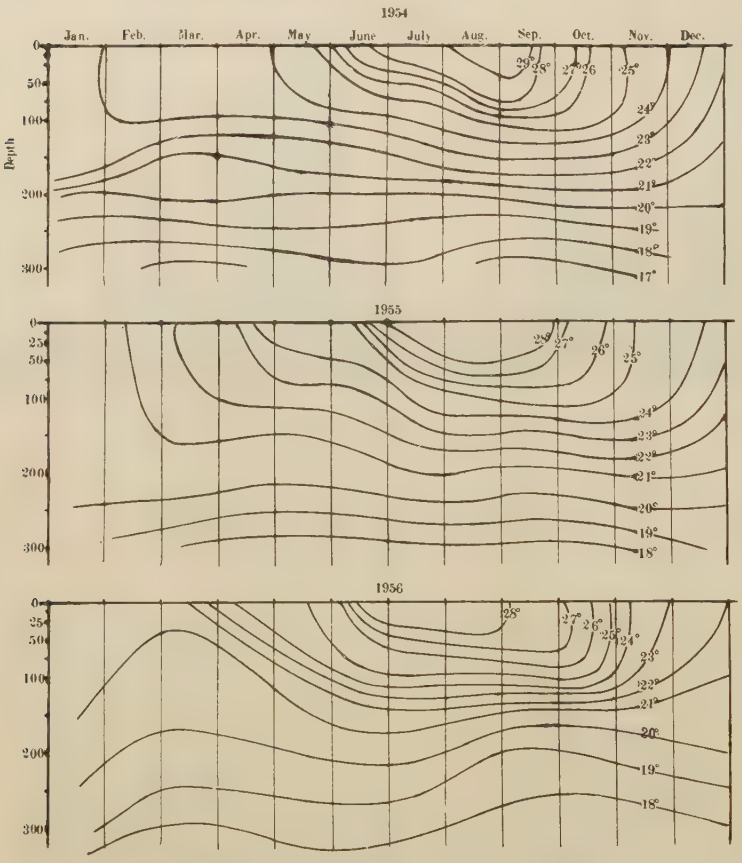
この図において，カツオの漁獲水温は（表面）最高 30°C，最低 20°C 位であり，この水温間にあつてその季節的変動がみられており，この状況は年によつて夫々多少異つている．又，カツオは年間を通じ 20°～30°C の範囲内のいずれの水温においても多少漁獲されているが，その内特に好漁となる時季は，水温がほぼ最高，最低となる頃であり，その中間水温を示す時季は概して不漁となつている．即ち，トカラ海域のカツオ漁場の水温と漁況の関連性は単に水温そのものの絶対値だけで論ずることは極めて困難であると考える．

しかして，Fig. 1 においてカツオの好漁となつている時季には，水温の時間的変動が比較的少なく，概して恒温状態にあることが指摘される．この状態は年によつて異なり，カツオ漁況もこれに関連しているようである．即ち，1955 年の夏季は 7～10 月の間ほぼ恒水温状態であり，カツオ漁はこの期間に概して好況を示している．しかし，1957 年の夏季にはほとんどこのような恒水温状態がみられず，そのためカツオの漁況は夏の peak が消失し，8 月末頃から秋漁に移行している．なお，その他の年や時季にもこのような現象が夫々観察される．

トカラ海域の水温上昇季にはカツオの期別総漁獲量は非常に減少しているが，単位操業当りの漁獲量は余り減少せず，引続き夏漁となつている．即ち，この時季のカツオ群はなおその漁場附近に滞泳しているのであるが，後述するようにこの季には表面海況が急変して，魚群が一時的に沈降するので，その発見が困難になるものと想像される．しかし，一度魚群を発見すれば，その漁獲は概して活況を呈し，単位操業当りの漁獲量を維持するものと考える．

水温の鉛直分布の時間的変動と漁況

Fig. 1 において，漁場水温の変動季には概してカツオの漁況は不振になつており，特に春の昇温季後半は毎年不漁となつている．これについて水温の鉛直分布の時間的変動を Fig. 2 のように図示して検討を試みた．



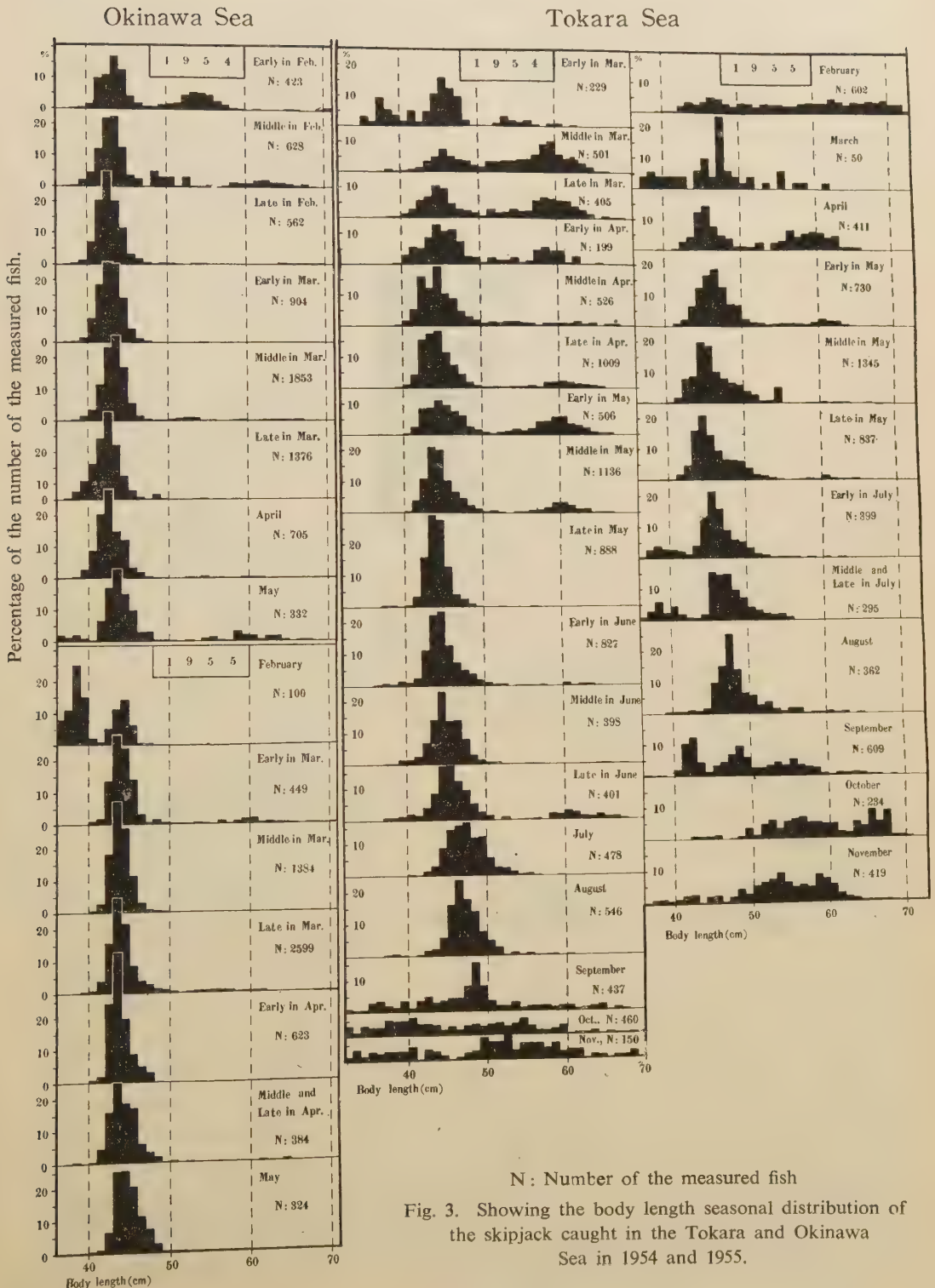
—— : Constant water-temperature line

Fig. 2. Showing the time veriation of the vertical distribution of water-temperature at the position (about 28°–50′N, 128°–40′E) near the fishing ground.

即ち，冬季には水深 150m 層附近まで 21°C 位の等水温状態を示しており，Fig. 3 にみられるように大型のカツオが比較的多く漁獲されている．

春の昇温季は前期と後期とに区分して考えられる．前期（4～5 月頃）は通常その昇温が緩慢で深層に及んでおり，その水温が沖縄海域の冬季の水温を示す頃になると，中型カツオの漁獲が極めて好況を呈する．これは Fig. 3 に示されるように体長組成的[5]にもこの頃のトカラ海域のカツオは沖縄海域の冬季のものとほとんど同一魚群に属するもののようであり，即ち，同海域からの来遊群であると考察される．又，春の後期には気温の上昇に伴い漁場の表面水温が急昇している，この場合海水の鉛直混合が余り旺盛でないので，Fig. 2 で観察されるように鉛直的に顕著な成層状態が漁場に構成されるようになる．このため，この期にはカツオ群は一時的に沈降する傾向となり，魚群の捜索に当りその発見が極めて困難になるものと考えられる，従つて，漁船の操業回数は総体的に減り，その総漁獲量も減少するようになるものと思考する．なお，1956年には冬季の水温が比較的寒冷であつたため，春の前期に一時的な成層状態がみられており，カツオの漁事はこの時すでに不振となつている．

夏の恒温季には春以来の表面水温の上昇が 7 月頃に 29°C 位で止まり，この水温が鉛直に伝播し，表層（0～50m層）に高温水帯が構成される．しかして，この水帯が時間的に持続

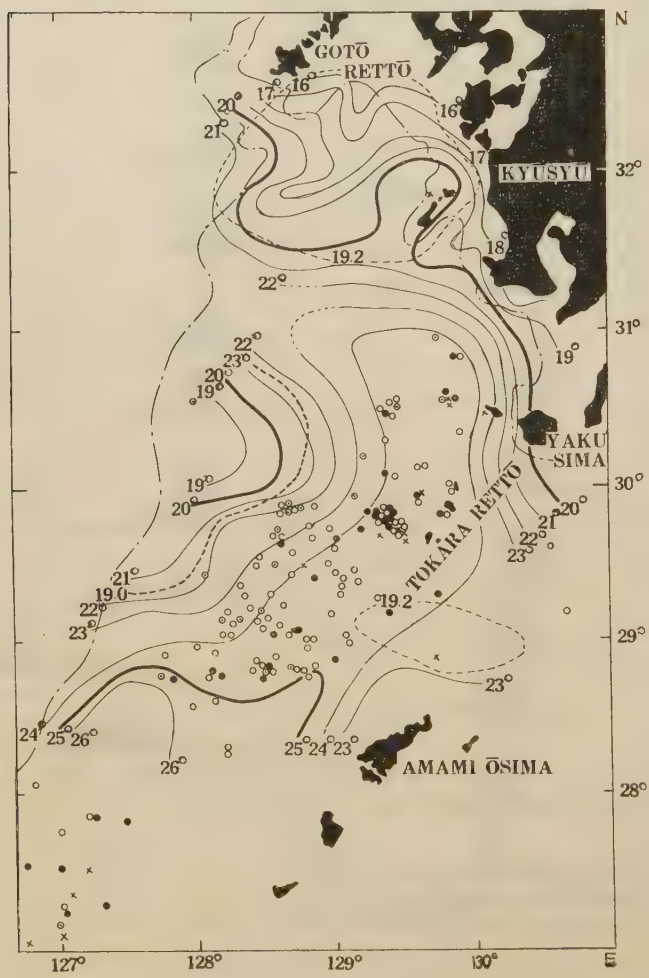

Okinawa Sea
Tokara Sea
Percentage of the number of the measured fish.
1954
Early in Feb. N: 423
Middle in Feb. N: 628
Late in Feb. N: 562
Early in Mar. N: 904
Middle in Mar. N: 1853
Late in Mar. N: 1376
April N: 705
May N: 332
1955
February N: 100
Early in Mar. N: 449
Middle in Mar. N: 1384
Late in Mar. N: 2599
Early in Apr. N: 623
Middle and Late in Apr. N: 384
May N: 324
Early in Mar. N: 229
Middle in Mar. N: 501
Late in Mar. N: 405
Early in Apr. N: 199
Middle in Apr. N: 526
Late in Apr. N: 1009
Early in May N: 506
Middle in May N: 1136
Late in May N: 888
Early in June N: 827
Middle in June N: 398
Late in June N: 401
July N: 478
August N: 546
September N: 437
Oct., N: 460
Nov., N: 150
February N: 602
March N: 50
April N: 411
Early in May N: 730
Middle in May N: 1345
Late in May N: 837
Early in July N: 399
Middle and Late in July N: 295
August N: 362
September N: 609
October N: 234
November N: 419
Body length (cm)

N : Number of the measured fish

Fig. 3. Showing the body length seasonal distribution of the skipjack caught in the Tokara and Okinawa Sea in 1954 and 1955.

されているような場合，カツオの漁獲は再び活況を呈している．なお，このカツオ群は体長組成的には春漁のものと何ら変りなく同一魚群の移行であると考えられる（Fig. 3 参照），即ち，春の昇温季において一時的に沈降したカツオ群は時間の経過に従つて逐次その環境に順応し，自然に前記高温水帯に移行するようになつたものと考えられる．

秋の降温季には，気温の降下に従つて表面水温も低下する．この場合には海水の鉛直混合が比較的旺盛となるので，表層における成層状態はほとんど構成されず，Fig. 2 で観察されるように 100 m 層附近までほとんど等水温状態である．しかし，時間的には鉛直的等水温状態を保持しながら総体的な水温降下がみられている．このため，夏季の高温水帯に慣らされたカツオ群は暖水を求めて南下移行するもののようである．故に，トカラ海域におけるカツオの秋漁は，漁場鉛直的等水温状態の時間的なの持続状況がその漁況と漁期の長短に影響するものと考える．



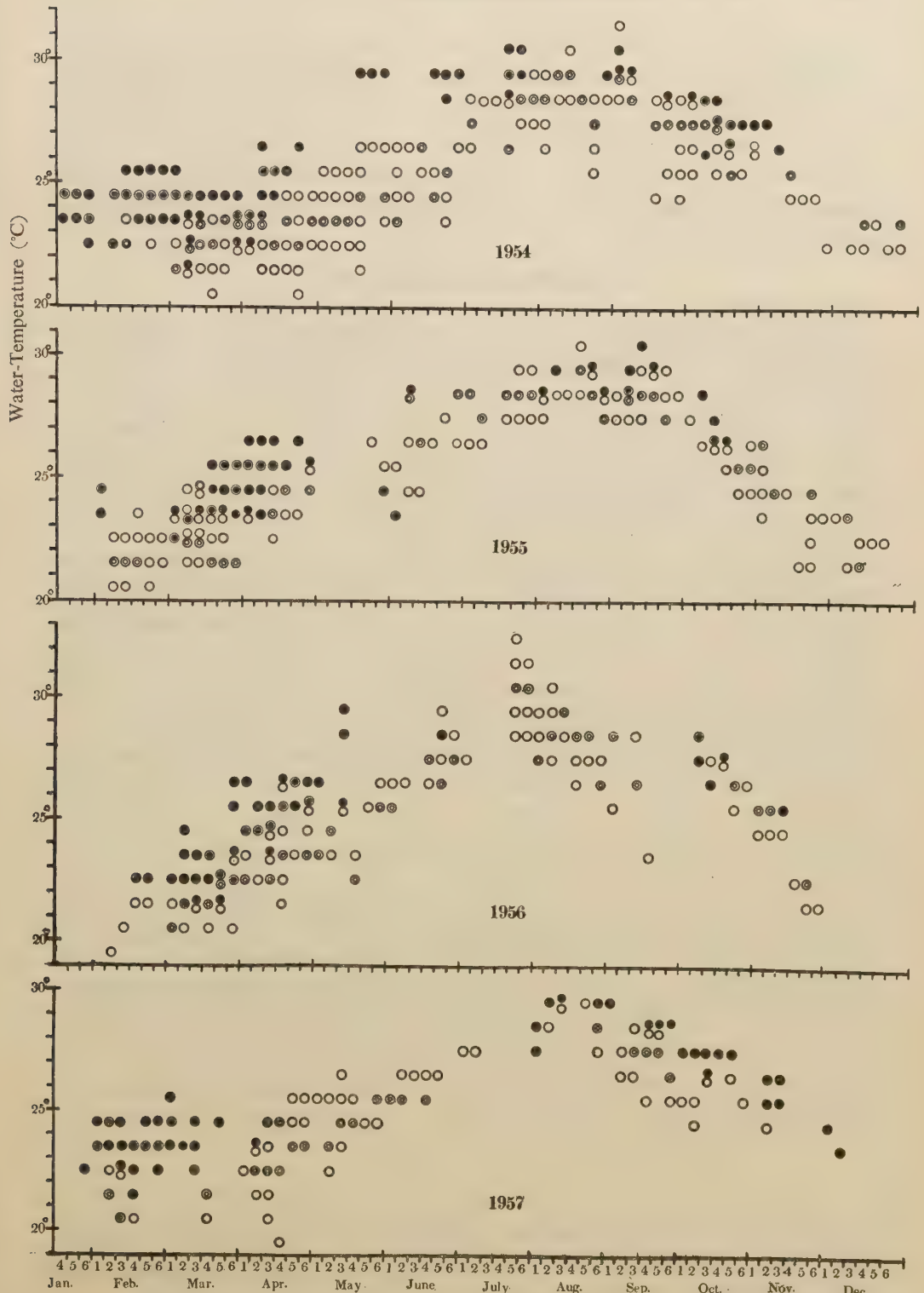
——: Constant water-temperature line, ·····: Constant chorinity line, × (375 kg>), ● (1.1 ₸ >), ⊙ (3.8 ₸ >), ◎ (11.3 ₸ >): Fishing station & catch per one time fishing, — — —: 200 m depth line.

Fig. 4. Showing the skipjack fishing-station and the horizontal distribution of water-temperature (°C) at 25 m layer at the water near the Tokara Reitō.

水温の水平分布と漁場

前述せるようにトカラ海域におけるカツオ漁の盛期は毎年ほぼ初春季となつている．しかして，1954年 5 月上旬に実施された同海域の海洋観測資料によつて水深25m層における水温の水平分布を画き，れにその観測実施当日頃たまこたまその海面で操業していた漁船によつて報告されたカツオの釣獲位置と漁獲量を plot して Fig. 4 に示した．

この図によれば，トカラ海域には水温 24°C 位の比較的高温で，しかも等温な水帯が舌状に伸びており，カツオの釣獲位置はほとんど全部この水帯内に plot されているのが観察される[6]．即ち，トカラ海域では初春季に黒潮流が優勢になると，先づその流域内が北方に向つて舌状に昇温



○: Catching temperature
◎: Temperature of maximum Catch
} in Tokara Sea,
●: Catching temperature
◉: Temperature of maximum Catch
} in Okinawa Sea

Fig. 5. Showing the time temperature distribution of the fishing water-temperature.

し，周囲の冷水帯との間に水温による顕著な潮境[7]を形成するようになる．この頃たまたま南部海域から北上来遊したカツオ群はその温暖な舌状水帯内に滞泳して好漁場を構成するようになつたものと考えられる．

以上のように水温の水平的な分布においてもカツオ群は比較的等温の水帯を撰択し，その漁場を構成している．しかし，この場合カツオの好漁場の構成には水温傾度の大きい顕著な潮境によつて三方囲まれるような極めて非開放的な等温水帯がその重要な前提条件として考えられるのである．

漁獲水温範囲と等漁獲水温期間

トカラ海域と沖縄海域とにおける年間のカツオの漁獲水温（表面水温）を各期（1ケ月を6期とする）毎に温度別に整理して plot し，これを Fig. 5 に示した．

この図によれば，毎年春の昇温季にはわずか1期内の漁獲水温範囲[8]でも比較的大きくなつて，カツオの広温性が考えられる．このことは前述の等温水帯における漁場構成を反論することになるので，これについて次のような検討を試みた．

Fig. 5 において，沖縄海域における冬季の漁獲水温はトカラ海域における春季漁獲水温の高温部に相当しており，又，Fig. 3 において体長組成的にもトカラ海域の春漁のカツオと沖縄海域の冬漁のものとほぼ同一魚群であるかと思われる．故に，沖縄海域のカツオ群は時間の経過に伴ない，同一水温帯を求めてトカラ海域に来遊するものと考えるのが妥当であろう．なお，トカラ海域における春季漁獲水温の低温部は低水温帯の残存により冬以来滞泳残留しているカツオ群の漁獲によつて記録されるものであると考えられ，又，体長組成的にもこの春季には，同海域の冬季のものと同様な大型魚群の混在しているのが観察され，この魚群が主として前記の残留カツオ群となるのであろう（Fig. 3 参照）．

故に，春季にトカラ海域に出現する中型のカツオ魚群の漁獲水温について，沖縄，トカラの両海域を通じて時間的に観察する場合，Fig. 5 に示されるようにその漁獲水温範囲は余り大きくなく，約 3°C 以内で相当長期にわたつて継続しているのがわかる．しかして，秋の降温季には，春季の場合と逆に時間的に遅れて等漁獲水温が沖縄海域において観察されている．（Fig. 5 参照）

又，夏季，冬季においては水温の昇降転換期となり，通常この水温転換には相当の日時を要しており，このような場合，漁場は比較的長期間にわたり等水温状態となる．この時季を前節では恒温季として考えた．即ち，この季におけるカツオの漁獲水温は時間的に等温状態を保持することになる．Fig. 5 にみられるように，トカラ海域だけでもこの時季におけるカツオの等漁獲水温期間は相当長期に及んでいるのがわかる．

以上において，カツオ類の特定魚群（例えば同一体長群）は比較的狭温性で相当長期間にわたり時間的に変化の少ない等水温帯を撰択して，出現するもののように考察される．

要　　約

トカラ海域におけるカツオの漁獲水温（表面）はほぼ 20°～30°C 位の範囲であるが，その最高，最低を示す時季においてカツオ漁が好況を呈しており，その水温の顕著な昇降過程にある時季には概して漁況不振となつている．

なお，カツオの漁場附近における水温の鉛直分布の年間変動をみると，その恒温季には比較的深層まで等水温状態となり，その状態が持続されている．かかる海況においてカツオ漁の好況が期待されている．しかし，春の昇温季の後半には表面水温の急昇により表層における成層状態が極めて顕著となり，カツオの沈降が想像され，このためその漁況は総体的に不振となる．又，秋の降温季は比較的深層までの総体的な降温が時間的に顕著になるので，カツオ群は適温水帯を求めて南下移行するようになる．故に，この降温現象の遅速による等水温帯の時間的出現状況が秋季のカツオ漁況とその漁期の長短に相当影響しているものと考えられるのである．

しかして，トカラ海域では水温の水平的な分布状況においてもカツオ群は概して等温な水帯を撰択し，その漁場を構成している．ただ，この場合水温による比較的顕著な潮境で包囲される非開放的な等水温帯がカツオの好漁場の構成要件となつているものと考える．

トカラ海域におけるカツオの漁獲水温を温度別，期別にみると，春季にはその水温範囲が概して大きくなつているが，これは漁場水温の上昇に伴い高温水帯から移行した魚群と残存低温水帯における残留魚群との混獲によつて記録されるようになつたものと考える．又，同海域におけるカツオの等漁獲水温期間は夏冬の恒温季には当然比較的長期にわたるが，春秋の昇降温季においても魚群の往来が想定されている沖縄海域を通じてみると，相当長期に及んでいるのである．

以上更に要約すれば，トカラ海域におけるカツオ漁況は，その漁場が時間的に空間的に比較的等温な状態を示し，しかも，それが常に顕著な相対的状態にある場合においてその好漁が期待されるものと考察される．

終りに臨み，この研究のために貴重な調査資料の提供と御教示を賜つた東北海区水産研究所，鹿児島県水産試験場，鹿児島海上保安部水路課の関係各位に対して深甚なる敬意と謝意を表する次第である．

文　　献

1) 鹿児島県水産試験場：対馬暖流開発調査報告書 I，(1957)
2) 鹿児島海上保安部：海洋概報（九州近海），(1955～1957)
3) Japan Meteorological Agency: The Results of Marine Meteorological and Oceanographcal Observations No. 16～19, (1955～1957)
4) 盛田友弐：対馬暖流開発調査報告書 1輯（水産庁），(1958)
5) 川崎　健：東北海区水産研究所報告 4号（1955）
6) 東北海区水産研究所：東北水研叢書 1号（カツオに就いて），(1952)
7) 盛田友弐：鹿児島大学水産学部紀要第7巻，(1959)
8) 相川広秋：水産資源学総論，(1949)

南西諸島の小サバについて

田ノ上豊隆

On the Small Sized Mackerels from the Waters of Nansei Syotō

Toyotaka TANOUE

Some repeated investigations were done with the confirmed result

(1) That it is during the term beginning in March and ending in ea ly May every year and over the waters stretching along the Tokara Island and northwards that the catch of the small sized mackerels is abundant, while neither its catch nor its shoal can be seen over the sea fronts of the Okinoerabu and southwards.

(2) That the variation in the Fork-length of the small sized mackerels lies within the range of 4～15 cm, the most typical size being within 6～13 cm.

(3) That judging from the number of interneural spines lying within 17～21, the small sized mackerels caught in the Nansei Syotō waters may be fixed to be belonging to the species of *Pneumatophorus tapeinocephalus* (*BLEEKER*).

緒　　言

トカラ群島，奄美群島，沖縄群島，宮古群島，八重山群島を含めて南西諸島と呼ぶ．

小サバは春季これ等島嶼の周辺に来游して，抄網類，引網類，敷網類等で漁獲される．漁場は岸辺の極く浅海に限られ，漁法は概して消極的であつて規模も小さいため，漁獲量は少なく，その年変動も大きい．しかし当地方の島々は交通不便な上に，各種魚類の水揚げは微々たるものである．従つて，小サバは塩蔵品として食用に供されると同時に，釣餌や鰹の活餌料として重要視されている．

又当海域の小サバは本邦沿海中最も早く出現するもので，資源学的にも重要な意義を持つものである．

筆者は先に当海域の小サバの来游の経路について報告したが，今回は 1955 年以降の調査に基づく漁獲の地理的分布範囲，来游魚群の体長組成，系統的問題等についてのべる．

地理的分布と漁期

北部のトカラ群島では口之島，中ノ島，平島，諏訪之瀬島，悪石島，宝島等の西部から北寄りの岸近くで 3 月中旬頃から 4 月末まで抄網類で漁獲される．中でも口之島，中之島，平島，悪石島で多獲されている．当海域は黒潮本流の流路にあたり冬季の最低温期と雖も水温 19°C 程度を示し，海水清澄にして北東流が早い．3 月中旬頃になるとこの黒潮内で小サバの大群が鮫やその他の大型魚に追われて水面まで大きな柱状となつて盛り上り，島民は小舟を漕いでこの小サバをタモ網で抄い上げる事が屢々ある．又岸辺では干潮時逃げ遅れた小サバが潮溜りに群がるのを捕獲する事も度々ある．

奄美大島の漁況については盛田・児玉[1]の聞取り調査で明らかにされている如く，大島本島の全域に小サバの来游をみる．漁期は北部から北東部沿海が最も早く，東岸は3月10日頃から抄網類で漁獲され4月末まで続く．南部の大島海峡，加計呂麻島では4月から5月上旬まで待網，敷網等で漁獲される．

徳之島では亀津方面で4月下旬頃漁獲される事があるが量は少い．

沖之永良部，与論島では今までに漁獲された事はない．（1957年の漁協調査資料に依る）

沖縄群島では泊，名護，久米島で1956年より調査を続けているが小サバは発見されず，聞取り調査によつても漁獲記録はない．

宮古群島，八重山群島では1958，1959の両年に平良市，与那国島，西表島で本学練習船敬天丸（265 ton）が寄港した際，聞取り調査を実施したが各地共漁獲記録はない．

要するに，以上の調査によつて，小サバは徳之島以北で3月から5月まで漁獲され，北部の漁期は若干早く南部程遅れること，沖之永良部島以南の群島周辺では全然漁獲されていない事がわかる．漁獲の地理的分布はFig. 1に示す通りである．

漁獲量：小サバは漁獲しても自家食用として用いられる場合が多く，市場で売買される事が少ないので総漁獲量がどの程度の数量に達するか明らかでない．奄美大島の笠利地区（統計事務所調），大和村（漁協調），瀬戸内地区（漁協調）の漁獲量はTable 1に示す如く，1956年に三地区の合計が41.250 kg（11,000貫）に達している．笠利地区は主として地曳網と追込網，大和村と瀬戸内はキビナゴの四艘張網で漁獲されたものである．

体長分布

トカラ群島と奄美大島の笠利地区で漁獲された小サバの体長頻度分布はFig. 2，Fig. 3に示す通りである．体長は両海域共4～15 cmの範囲であり，3月に大島は6～10 cm，トカラ群島

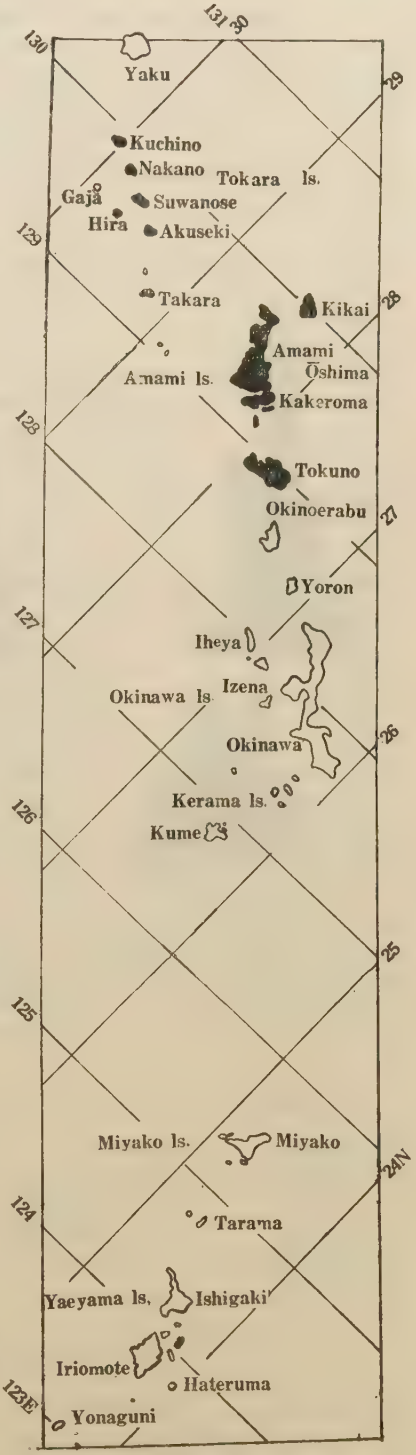


Fig. 1. Map of the Nansei Syotō.
●……Showing the islands in the coastal waters along which small sized mackerels were caught.

Table. 1. Catch of small sized mackerels in Ōshima from 1955 to 1956.

Year \ Locality	Kasari			Yamato	Setouchi
Month	3	4	5	4	4
1955	3,000	12,020	240 kg	—	7,500 kg
1956	—	19,260	—	3,750 kg	18,750

は 6～11 cm が多く，後者で若干大きい個体が出現している．

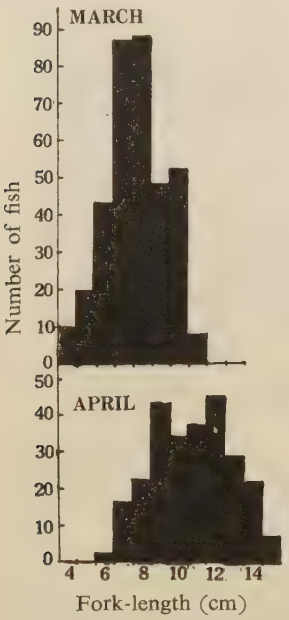


Fig. 2. Fork length distribution of the small siged mackerels in the Amami Ōshima waters, from 1956 to 1959.

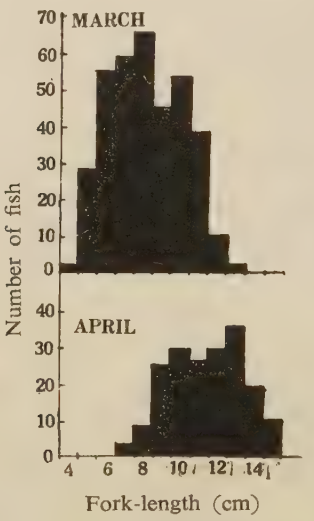


Fig. 3. Fork length distribution of the small sized mackerels in the Tokara waters from 1956 to 1958.

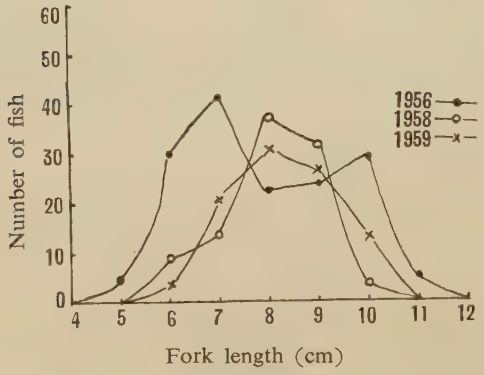


Fig. 4. Fork length distribution of the small sized mackrels in the kasari waters in March 16～31.

4 月の体長は稍大きく夫々 9～12 cm, 9～13 cm 範囲の魚体が大部分を占め両海区の相異は殆んど認められない．又 Fig. 4 に掲げた笠利地区の 1956, 58, 59 年の 3 月 16～31 日に漁獲された魚体の体長分布を比較すると各年共 5～10 cm 程度の範囲で，モードは夫々 7, 8, 8cm とほぼ同大に現われている．この事は漁具の選択性によると云うよりも当海域に来游する小サバはその発生の時期がほぼ一定している事を意味するものと考えられる．

背部担鰭骨数

奄美大島沿海ではサバの成魚は漁獲されていないので，当海域に来る小サバは隣接海区の産卵場で発生したものが海潮流によつて受動的に移動して来たものと考えられる．而して之等の小サバは，第 1 背鰭の棘数は数えにくく，腹部の小班点も不明であるため，第 1 背鰭の前部から第 2 背鰭の後方までを薄く切り出してアリザリン染色を施し，X

線写真を撮つて，村上・早野の方法で背部担鰭骨数（interneural spine）を数えた．その結果を示すと第2表の様になる．調査した魚体の大きさは体長 6～14 cm 範囲のものである．又同表に鹿児島沖と東支那海のゴマサバの成体の背部担鰭骨数の分布を示した．Table 2によつて明かな様に，玆に取上げた小サバの背部担鰭骨の数は最低17から最高22の範囲にわたつて分布しており，その頻度分布には骨数19に顕著な峰が認められる．同表の東支那海，鹿児島沿海のゴマサバの背部担鰭骨の数の分布も，小サバの場合と同様骨数19に明瞭な峰がみられ，分布型は同じである．

即ち南西諸島に来游する小サバ群は全てゴマサバと見做され，その系統も同一であるかも知れない．

Table 2. Number frequencies of the interneural spines of mackerels from Ōshima waters and *Pneumatophorus tapeinocephalus* in East Chima Sea, off Kagoshima, in 1955～1956.

Locality	Range of fork-length	Number of individuals	Number of interneural spines							
			16	17	18	19	20	21	22	23
East China Sea	28～36 cm	481	—	7	70	197	164	37	6	
off Kagoshima	29～40	270	1	9	46	106	76	26	2	4
Ōshima	6～14	173	—	6	36	72	48	12	2	

考　　察

これらの調査結果に多少の考察を加えてみると，南西諸島中小サバは徳之島以北で3月から5月までの間漁獲されて，沖永良部から八重山列島までは全然漁獲されていない．これは魚釣島周辺とその南方海域や東支那海南部漁場等で発生した仔魚群は，游泳力の小さい間，先に田ノ上[3]が報告した如く，黒潮本流やその西側の謂所混合水帯の流れによつて北方に運ばれるためであつて，黒潮本流を横断して沖縄群島やその南部の群島周辺に達する稚魚群がない為と解される．

奄美群島の北部で3月中旬から漁期にはいり，南方で稍遅れるのは，黒潮本流はトカラ群島から東に折れ，屋久島の南方をぬけて太平洋に出る径路をとつているが，トカラ群島から奄美大島の東西両岸に沿うて南下する反流[4]があるので，小サバはこの反流に運ばれて先づ北部の笠利地区に達し，その後大島海峡から加計呂麻方面に至り，反流勢力の強い時は徳之島周辺まで分布範囲が拡大されるものであろう．この反流の模様は鹿大水産学部や鹿児島水試が東海南部で海流瓶を投下して流着状況を調べた結果[5]でも明瞭である．

4月になると，奄美群島，トカラ群島共体長4～7cm程度の小型はみられなくなるが，南下反流の衰退，北西の monsoon に替つて南寄りの風勢が増大するので，稚魚群は対馬暖流やその西方海区を九州西岸に運ばれる為ではないかと考えられる．又16cm程度に成長すると魚群は沿岸でみられなくなり，其の後夏から冬まで全然漁獲されないので，この頃から大隅群島周辺や東支那海陸棚海域に移動棲息するのではないかと推察される．

背部担鰭骨数の分布範囲から当海域で漁獲される小サバはゴマサバである事が確認できたが，その頻度分布は鹿児島沿海や東支那海南部のゴマサバ成魚の担鰭骨数の分布型と極めて良く似ており，今後更に資料を加えて系統的問題をも吟味したい．

要　　約

南西諸島の小サバについて調査した結果を要約すると次の様になる.

1. 小サバは徳之島以北で 3 月から 5 月上旬まで漁獲され, 沖之永良部島以南の群島周辺ではみられない.
2. 体長は 4 ～15 cm 範囲に及ぶが, 6 ～13 cm が大部分を占めている.
3. 背部担鰭骨数から当海域に来游する小サバはゴマサバと見なされる.

本報告を纏めるに当り, 標本の送附及び資料の提供を受けた南西諸島各地の漁業組合の方々, 赤木名統計事務所の伊地知正氏, 笠利村の昇与市氏等に感謝の意を表する. 尚本研究の一部は南方産業科学研究費で支弁した. ここに記して謝意を表する.

文　　献

1) 盛田友弌・児玉次郎：奄美群島の漁業, 鹿児島大学南方産業科学研究所報告, Vol. 1, No. 3, 1956.
2) 村上子郎・早野孝教：本邦近海産サバの背部担鰭骨数について, 日水会誌 21, 1000(1956).
3) 田ノ上豊隆：薩南海域のゴマサバ幼魚の漁獲分布とその移動, 対馬暖流開発調査第 5 回発表論文集, 1957.
4) 赤松好夫：西日本海洋技術連絡協議会発表論文, 長崎海洋気象台, 1955.
5) 金森政治他三名：対馬暖流開発調査資料 3 号, 4 号, 鹿大水産学部, 1956, 1957.
——————：対馬暖流開発委託調査報告書鹿大水産学部, 1958.
鹿児島水試：対馬暖流開発調査報告書 I, 1957.

東支那海区のサバ漁業についての一考察*

江　波　澄　雄

A Consideration on the East China Sea Region Mackerel Fisheries

Sumio Enami

By using the fishery statistical data and fishery biological informationes concering the age composition, growth and group maturity, the East China Sea Region mackerel fishery and its catch on the comparatively late date were considered with such results as follows:

The cause of decrease of the catch in and after 1955 is to be imputed to the over fishing of the immaturity-age-group with purse seine fishing playing the main part in the mackerel fishery. Therefore, it should be stressed that through the fishery biological reserches, fishery regulations and conservations of mackerel-fish-population must be put into positive action.

東支那海区に於けるサバ漁業は，国内的にも又国際的にも，ここ数年来，非常に注目されている．即ち国内的には，終戦後，はね釣漁業の隆盛をむかえ，又棒受網や旋網漁業の進出問題等があり，更に国際的には李ラインによる済州島漁場の締出しや将来当然予想される日中漁業協定の問題等があり，漁業上からも又資源的にも早急に解決しなければならない点が極めて多い．しかし，これらの問題についての調査，研究をみると，戦前に於ては，系統的研究は殆んどなく，最近，対馬暖流開発調査[1]（1953～1957年，5カ年間）によつて一応本格的調査が緒についた程度である．その間，種族，成長，成熟，洄游及び海況と漁況等の諸点について，関係各水産試験場，西海区水産研究所，鹿児島大学，長崎大学及び九州大学等の研究者によつて，その概要を理解出来るようになつた．しかし，資源解析をするための充分な生物学的基礎の問題が解明されたわけではない．従つて，サバ漁獲量の変動について資源学的に検討したものは比較的少く，村上，真子[2]が漁獲量の月別変化を，又横田[3]が漁況の推移を中心に考察したのがある程度である．

筆者も対馬暖流開発調査に参画した関係上，現在も引つづき資料を集めているが，今回は，最近4,5年間の東支那海区に於ける漁獲量の変化と，その資源生物学的知見とを併せ考えて，サバ漁業の現況について若干の考察を加えたので，その結果を報告する．尚本研究について終始，適切な御指導を賜つた九州大学相川広秋教授に深謝の意を表する次第である．

1. サバ漁獲量の変動

(1) 経年的変化：農林統計により全国サバ漁獲量と東支那海区のそれとをみると（Fig. 1参照），終戦前に於て，全国総漁獲量は昭和初年から順次増加し，1934年（昭14）を頂点にして漸減し，年産平均2700万貫程度であつた．これに対し，東支那海区漁獲量の年

* 日本水産学会九州支部大会（1958．於鹿児島）発表．

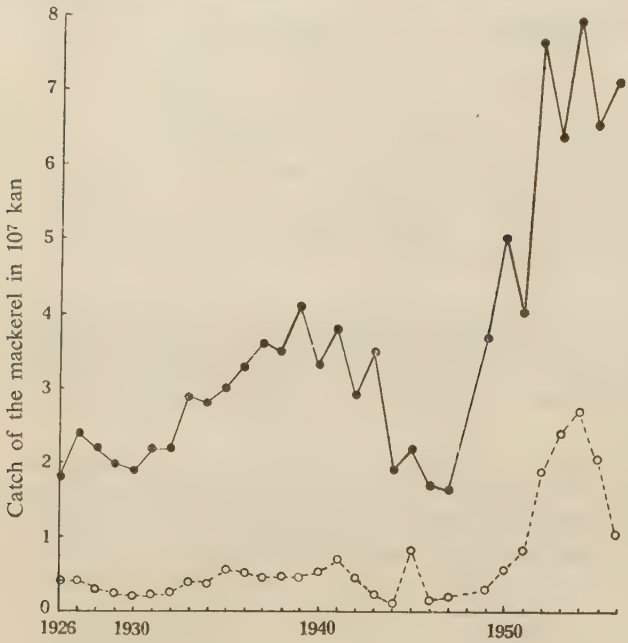


Fig. 1. Annual fluctuation in the catch of the mackerel
(—●— Grand total
·····○····· East Chainer Sea-Region)

変動は比較的少く，年産平均360万貫程度で，全国総漁獲量の約13%にすぎなかつた．しかし，戦後の漁獲量増加は著しく，最近4カ年平均では，全国総漁獲量約7,000万貫に対し，東支那海区では，その約30%に達する2,100万貫を水揚するにいたり，全国的に重要なサバ漁場となつた．然し，1954年を境にして漁獲量の減少が目立ち，1956年には，全国総漁獲量の約14%にあたる1,000万貫程度にまで減産したことは注目されねばならない．

(2) 漁具別漁獲量の変化：漁具別漁獲量をみると(Table. 1表参照)，年により若干の相

Table 1. Percentage of catch by type of fishery

Type of fishery \ Year	1953 %	1954 %	1955 %	1956 %
Large trawl West of 130°E	—	—	—	0.8
Purse seine of one-boat operation	38.0	68.2	67.1	62.5
Purse seino of two-boat operation	36.9	18.5	12.2	9.3
Semi-Surrounding net	0.3	0.7	0.7	1.2
Other surrounding net	—	—	—	0.009
Lift net	0.3	0.5	0.4	1.0
Mackeral pole and line	23.4	8.5	14.9	20.3
Other kind of mackerel anglings	—	2.1	3.4	1.9
Squid angling	0.004	0.004	—	0.009
Other angling	0.2	0.2	0.4	1.4
Tuna long-line	0.004	0.04	0.01	0.04
Other long-line	0.3	0.2	0.3	0.4
Yellow tail and tuna set net	—	—	—	0.1
Other kind of large set net	0.4	0.2	0.2	0.2
Pound net sone cube shaped bags	0.02	0.06	0.005	0.009
Other kind of small set net	0.1	0.2	0.2	0.4
Beach Seine	0.05	0.4	0.2	0.3
Boat seine	0.004	0.08	—	0.05
Other fisheries	—	0.01	0.005	0.009
Total %	100.0	100.0	100.0	100.0
Total catch	24214	27186	20604	10945

Unit of catch 1000kan (=3.75 metric tons)

違はあるが，1そうあぐり巾着（あじ，さば巾着）や2そうあぐり巾着（いわし巾着）等の所謂まき網による水揚が全体の 70～80% をしめ，ついではね釣を主体にしたつり漁業が 10～20% で，その他を定置網，敷網，地曳網及び船曳網等で漁獲している．従つてまき網とつりの漁獲をみれば，東支那海区に於けるサバ漁業の動向を知ることが出来る．

扨て，そのまき網とつりの漁獲量の経年変化をみると（Fig. 2, 3 参照），まき網の場合，1954年の 2,600 万貫を頂点に急激に減少し，1956 年には 750 万貫で約 1/3 に減産している．これに対し，つりの場合は，約 350 万貫 を前後してさほどの減少は認められない．

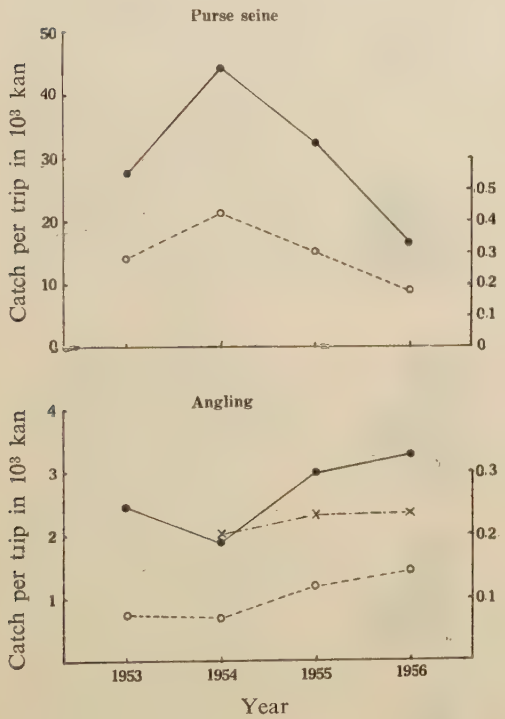


Fig. 3. Annual fluctuation of the catch per unit effort
(—●— Catch per fishing-boat
·····○····· Catch per trip
–·–×–·– Catch per trip of mackerel pole and line)

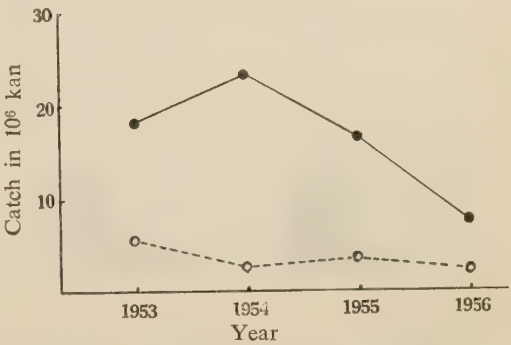


Fig. 2. Catch of purse seine and angling.
(—●— Purse seine
·····○····· Angling)

単位漁獲努力当り漁獲量（1船当り及び1航海当り）についてみても，まき網の場合，前と同じく 1954 年を頂点に年を追つて減少している．釣の場合はこれと反対にかえつて上昇している傾向にある．勿論，つりの場合，まき網以上に漁船の大型化により漁場の拡大や漁獲性能の向上が考えられるが，はね釣の場合，一航海当り漁獲量に於て比較的安定した操作を行つていることは注目されてよい．単位漁獲努力当り漁獲量のみで，資源量の多少を論ずることは勿論危険であるが，漁獲の大部分をしめているまき網漁獲の減少は，資源的に少くとも楽観出来ない状態であると考えられよう．

2. 漁獲物の年令組成を中心にした考察

（1）漁獲物の年令組成，東支那海区では，ゴマサバ* とホンサバ** の二種が漁獲されているが，今迄の調査によると，勿論季節的に若干の消長はあるが，中部以南（北緯 30 以南）の漁場では大部分ゴマサバで，主要水揚地別にみても年平均で福岡 70%，長崎 80% 及

* *Scomber tapeinocephalus* BLEEKER
** *Scomber japonicus* HOUTTUYN

び鹿児島 90%以上がゴマサバで，ホンサバの混獲率は少い．従つて以後ゴマサバの資料によつて考察する．

対馬暖流開発調査で行つた魚体調査資料を，竹下，相川[5] による年令査定結果を利用して，年度別及び漁具別に年令組成を求めた (Fig. 4 参照)．年度別にみると 1953 年では 2 才群が 50% 以上をしめ，1 才群の 40% がこれにつぎ当才及び 3 才群は極めて少い．しかし 1954 年以後では 2 才群は 8～15% に激減し，その反対に 1 才及び当才群で全体の 80% 以上をしめるようになつた．

これを，漁具別にみると，1954 年以後の 2 才群の減少傾向は前と同じであるが，まき網の漁獲物では特に当才群の増加が著しく，つりの漁獲物では 1 才群が圧倒的に多くなつている．このことは，所謂，漁具による魚体の選択性を現わしているわけであるが，資源的に極めて重要な意味をもつている．即ち一つには，ゴマサバの reproductive potential の点からと，他は，個体ないし群の増重の点から特に注目される．

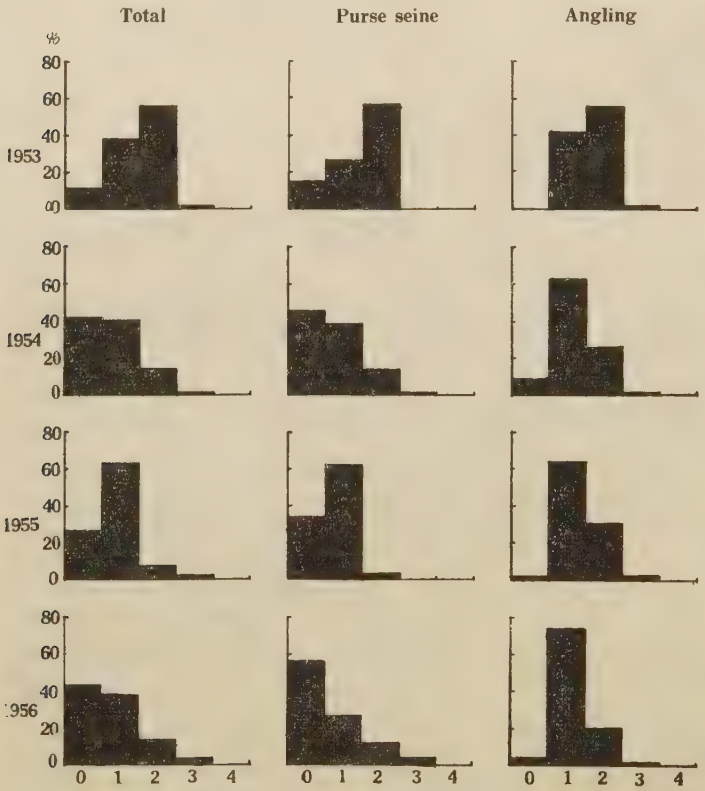


Fig. 4. Annual age-composition of the mackerel

(2) 群成熟度からの検討：東支那海区に於けるゴマサバの群成熟度[6] をみると (Table 2 参照)，当才群は 0 % で，1 才群に於て 4 月に 56.5%，2 才群では 2 及び 4 月に夫々 70, 90%，3 才群で 2 月に 100% の最高値を中心に 1 月～5 月に 60%

Table 2. Monthly group-maturity of mackerel*

Age group \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July
0	0	0	0	0	0	0	0
1	18.3	20.0	44.3	56.5	28.6	7.1	0
2	21.6	70.4	65.6	89.3	42.9	18.2	0
3	75.0	100.0	75.0	—	65.9	50.0	0

* *Scomber tapeinocephalus* BLEEKER

以上の値をしめしている．このことは当才群では，その年に産卵するものはなく，1才群ではじめて，少くとも 50～60% 内外のものがその年の産卵に参加し，2才群以上では大部分産卵群となると考えられる．

このことを前述の漁獲物の年令組成と併せ考えると，1953年には産卵群の主体が2才群及び1才群の一部であつたのが，1954年以後は群成熟度の低い1才群にその主体が移つたわけで，総産卵量の減少を意味していよう．特にまき網の場合，当才群の漁獲が増加したことは，1回も産卵させず水揚されてしまう魚の多くなつたことで，資源的に極めて危険な漁獲状態であるといえる．この点，つりの場合は当才群の漁獲は少く，1才群以上のものが大部分であるから資源保続の点から一応好ましい採り方をしているといえる．しかし，何れにしても 1954 年以後の2才群の減少が著しいことは好ましくない．

(3) 増重法則からの検討：竹下，相川[5] の年令査定結果から求めたゴマサバの増重は $Wt=1068(1-l^{-0.775t-0.324})^3$ に従うとされている．即ち，体重 321g (フオーク長 255mm) 程度の満1才前後で，個体としての従つて群としての増重率が最高値を示すことになる．即ち Beaverton の云う，効率のよい魚の採り方は増重率の最高値を示す1才群であるといえよう．この点からもまき網の採り方は資源的に感心出来ず，つりの場合は適当している．

むすび

最近の東支那海区に於けるサバの漁獲状況を統計資料と，年令，成長及び群成熟度等の資源生物学的知見と併せ考察すると一応次の如き判断が下されよう．

即ち，東支那海区のゴマサバは漁獲量の上で減少傾向にあり，資源的にも楽観は出来ない．特に漁獲の大半をしめるまき網漁業の漁獲状況は，未成熟の小型群の漁獲が増加し，資源的に，極めて危険な採り方をしている．

この点，釣は比較的安定した条件を具えている．しかし，まき網の対象となつているゴマサバの population と釣のそれとは別個のものでなく，むしろ，既往の洄游調査の結果[7] からは同一の population であると云われている．従つて当然，相互に関連があるわけであるから，このままの状態では，つり漁業もやがては漁獲の減少を招くことになろう．何れにしてもこれらのことを勘案して，サバ漁業の将来のため，早急に合理的な漁業規整と資源保続の施策をとるべきである．このためには勿論，より綜合的で，精緻な調査研究をおしすすめる必要がある．

文献

1) 水産庁：対馬暖流開発調査報告書，第1輯～第5輯，1958.
2) 村上子郎・真子胖：九州西海域におけるサバ及びアジの漁獲量変動について，沿岸資源調査資料，1957.
3) 横田滝雄：マアジ，サバの漁況の推移，漁況研究，No. 13, 14, 15, 1958.
4) 横田滝雄・三田典子：太平洋南区のアジ，サバ類の研究に関する緒説，南水研報告 No. 9, 1958.
5) 竹下貢二・相川広秋：ゴマサバの年令と成長，対馬暖流調査報告書，第4輯 p. 35～p. 38, 1958.
6) 江波澄雄：ゴマサバの成熟及び産卵生態，昭和33年度日水学会年会講演発表.
7) 田ノ上豊隆：ゴマサバの洄游，対馬暖流調査報告書，第4輯，p. 69～77, 1958.
8) 辻田時美・近藤正人：東支那海のサバの生態と漁場の海洋学的研究 (1)，西海区水研報告 No. 14, 1958.

気泡網に関する研究-I

——二,三の淡水魚についての駆集及び遮断効果*——

江　波　澄　雄

Studies on Bubble-Net -I-
Driving and Interceping Effect on Some Fresh-water Fishes

Sumio ENAMI

In order to see the driving and intercepting effects on goldfish and killifish some laboratory experiments on bubble-net, prepared with air bubble jets were done. The fact was confirmed that each of the two species was to be prevented from easy crossing through a bubble-net. Moreover it was ascertained that these effects were under the influences from the air-amount of the bubble-net and from the space length between bubble holes. The intercepting effects, when compared each other in the case of killifish and that of gold fish, were proved to be rather weak in the former, and strong in the latter.

緒　　言

気泡網とは，気泡を噴出させることにより網漁具と同じ様な魚群に対する駆集，遮断，誘導又は蝟集等の効果をあげようとするものであり，これにより漁具資材の節減や漁獲性能の向上を意図している．

元来，我が国の水揚量の大部分は網漁具によつてあげられている．しかし，その最大の欠点は殆んど消耗品に等しい莫大な網資材と多くの労力を必要とする点にある．このため従来多くの改良や機械化の研究がなされて来た．本研究も勿論この主旨に副うものであるが，特に噴出気泡に対する魚類の感覚生態学的反応性を積極的に且つ合理的に利用することにより，漁獲性能の向上をはかり，旧来の所謂漁網という概念から少しでも脱皮したい意図を持つている．

扨て，気泡に対する魚類の反応についての研究は従来殆んどない．最近，米国に於てニシンの誘導及び追い込み実験を試みた報告[1]があるが，基礎的に解明しなければならない点が多い．今回はヒブナ，キンギョ，ヒメダカ及びメダカ等の二，三の淡水魚についての駆集及び遮断効果について実験を行い，一応の見透しを得たのでその結果を報告する．

本研究を開始する端緒を与えられ，種々有益な御指導を賜つた九州大学農学部相川広秋教授及び九州大学応用力学研究所栗原道徳教授，更に懇切な御助言と御鞭撻を頂いている本学部黒木敏郎先生及び九州大学農学部塚原博先生等に夫々深く感謝の意を表する．

実験材料及び方法

実験魚にはヒブナ(Common goldfish : *Carassius auratus*)，キンギョ(Japanese goldfish :

* 日本水産学会九州支部例会（1958年 5月 於長崎）にて発表．

Carassius auratus), メダカ(Killifish: *Oryzias latipes*) 及びヒメダカ (Japanese killifish) の4種, 体長範囲 2.5～3.5 cm で, 購入又は採集後1週間以上室内で水槽飼育したものを使用した.

実験水槽は鉄枠ガラス水槽を用い, 長さ 60 cm, 巾30 cm 水深 15 cm である. 気泡発生用の圧搾空気はサッカーにより水道圧を利用して, 硬質細口ガラスビン(10*l* 入) の中に貯え, これをビニールホースに導いた. 空気圧の調節は分枝管を利用し, ビニールホース口にて 0.2 kg/cm^2 になるようにした. ビニールホース(内径 3 mm) の末端は気密にして閉じ, それより 30 cm (駆集効果実験の場合, 直線, 従つて気泡は平面型に出る) 及び 31.4 cm (遮断効果実験の場合, …円型, 従つて気泡は円筒型に出る) の間に夫々 5, 10 及び 20 mm 間隔に 0.3 mm の穴をあけ気泡噴出孔とし, 前者の場合は短形の針金枠の底辺に, 後者の場合円型の針金枠に夫々ゴム輪で取付けた.

実験に当つては魚の気泡に対する学習効果を出来るだけ除くため1匹連続使用を 3～5 回以内にとどめて新しいものに替えた. 供試魚は一匹づつでブリキ製円筒 (直径 10 cm 底なし) の中に入れ, 駆集の場合は進行方向の直前に, 遮断の場合は円型枠の中におき, 所定の気泡を噴出させ, しばらく魚を落着かせて後, ブリキ円筒をなるべく魚に影響を及ぼさないように引きあげる. 同時に枠を毎秒 1 cm の速度で反対側に移動させ, 魚が気泡網 (幕) から完全にぬけ出るまでの時間 (距離) を夫々駆集及び遮断可能時間 (距離) とした. 静止遮断効果実験の場合は水槽中央で, 円筒を引あげると同時に時間をはかり, 魚が気泡網からぬけ出るまでの秒数を静止遮断可能時間とした. 尚対照実験として毎回気泡を出さない場合の実験も行つた. (Fig. 1 参照). 実験室は暗室にして, 水槽水面中央上 1.4 m のところに 100 W の白色電球をつけ出来るだけ光条件を均一にし, 水温 17.5～21.5°C のもとで, 1実験 20 回 宛繰返し観測した.

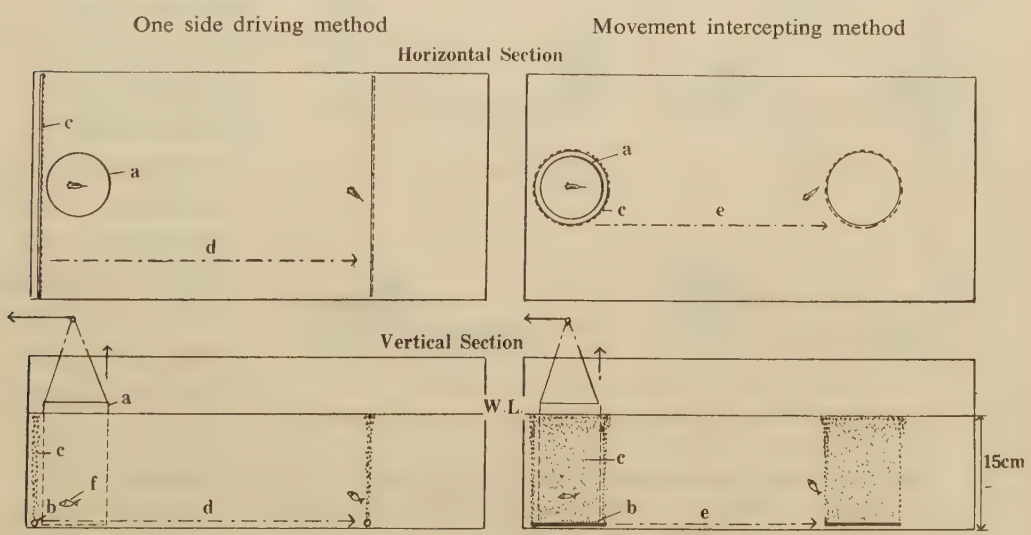


Fig. 1. Driving and intercepting method

a: Cylindric tinplate, b: Vinyle hose, c: Compressed-air curtain (bubble-net) d: Driving distance in cm, e: Intercepting times in sec, f: Fish. ——At first a is drawed, next time b is moved by the speed of 1cm/sec.——

実験結果とその考察

1) 駆集効果について（Fig. 1 及び Fig. 2 参照）駆集効果を全体的にみると，気泡孔の間隔が 20 mm, 10 mm そして 5 mm と順次狭まくなるほどよく駆集されている．しかも間隔が 10 mm と 5 mm とはあまりきわだつたちがいはない．換言すれば送気圧が一定の場合，気泡孔間隔がせまいほど駆集効果はあるが，ある間隔以上（この場合は 10 mm）になると その効果が ほぼ 一定してくる傾向がある．気泡のない場合の 対照実験では 駆集距離 10 cm 前後で殆んど枠より出てしまつている．

気泡孔の間隔別に単位面積当り（10 cm²）の気泡の数をみると（Table 1 参照），20, 10 及び 5 mm で夫々平均で 117, 178 及び 246 ケとなり，間隔が狭まくなるほど多い．気泡自身の大きさは気泡孔間隔がせまいほど若干小型が増加しているように観察された．気泡の大きさについての魚の反応は再検討する必要があるが，何れにしても，前述の駆集効果は気泡の噴出状況，特に気泡孔間隔とそれに伴う単位面積当りの空気量に関係していると考えるのが妥当のようである．これらのことは，将来気泡網を漁具として使用する場合，通常の漁網の網目に相当することであるから，魚の種類，大さ及び温度，光度等の外的条件を充分考慮した場合の有効気泡選定の条件として最も重要なことであるので，より精緻な実験で究明されねばならない．

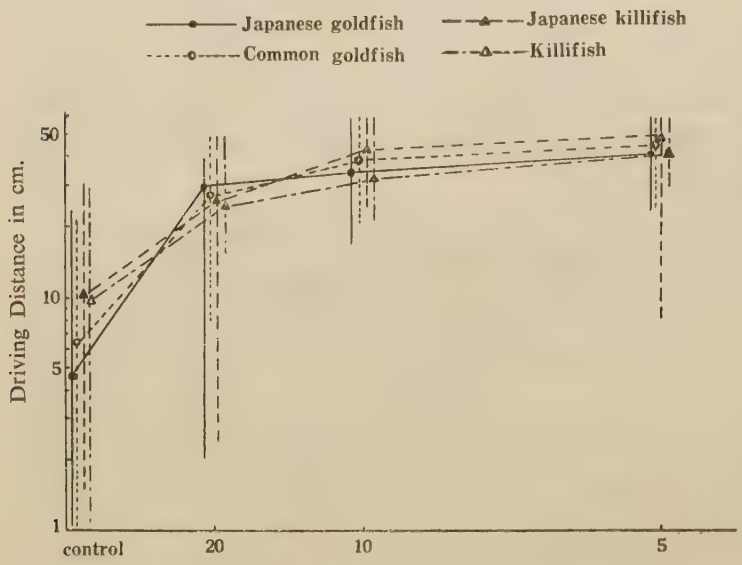


Fig. 2. Curve of driving effect by the one side driving method.

2) 遮断効果について（Fig. 1. 及び Fig. 3, 4. 参照）: 気泡を円筒型に出し，その中に魚を入れ，魚が気泡網から出るまでの時間を一応遮断効果として観測した．枠を前同様 毎秒 1 cm の速度で移動させた場（Fig. 3 参照）は駆集効果の場合と略々同様な傾向が認められ，気泡間隔がせまく，空気量が多いほど遮断効果がよく顕れている．

Table 1. Number of bubbles in 10cm² of the compressed-air curtain (bubble-net)
(Dia. of bubble hole: 0.3mm, Pressure air: lbs/in²)

Space length between bubble-holes on vinyle hose	Number of bubble holes in 30cm	Number of bubbles in 10cm²
5 mm	60	246 (235～258)
10	30	178 (161～193)
20	15	117 (106～134)

気泡孔間隔を20mmにして，枠を水槽中央で静止させ，送気圧を0.2kg/cm²に一定にして，気泡網からぬけ出るまでの時間の頻度分布をみると（Fig. 4 参照），キンギョ，ヒブナ，ヒメダカ及びメダカの順で魚種別の遮断効果の相違が顕著にあらわれ，キギョが最もよく，メダカの場合あまりその効果は期待出来なかつた．

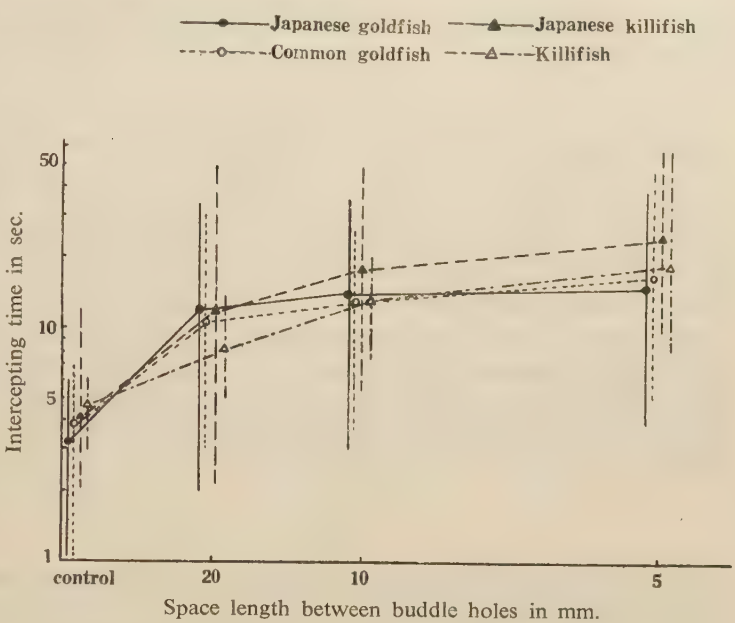


Fig. 3. Curve of intercepting effect by the movement intercepting method

本実験を通じて，気泡網に対する魚の行動を素朴に観察してみると，①気泡を口さきでつつくような行動をしている場合（空気量が少い場合に多い）②全く背をむけて気泡噴出によつて生ずる水平底流に向つて泳いでいるような行動の場合（比較的多くみられる一般型）及び③気泡垂直噴流にまきこまれるようにして出る場合（空気量が多い場合に時々ある）等の3つの行動型に大別される．しかも普通の場合，気泡網から魚がぬけ出る時は大部分気泡列の間をぬうようにして出ている．何れにしても，魚種別の相違はあるが，気泡そのもの，及び気泡によつて生ずる流れ又は音に対し，無関心で

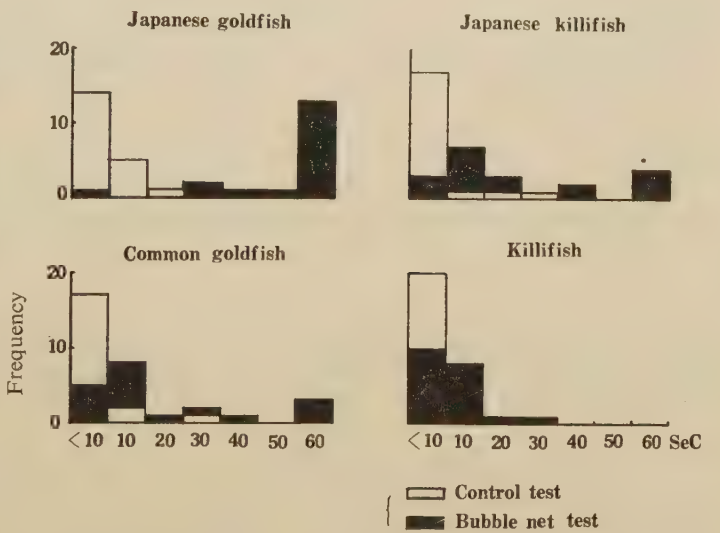


Fig. 4. Frequency distributions of the intercepting times by the stationary state intercepting method.
(Pressure of air: 0.2mg/cm², Diameter of each bubble hale: 0.3mm Space length between bubble holes: 20mm)

あるような行動は認められず，駆集及び遮断効果は気泡噴流の状態によつて影響されていることは事実である．

むすび

漁網の作用機能の半面である魚に対する駆集及び遮断効果と同じような効果を期待して，気泡網に対するキンギョ，ヒブナ，ヒメダカ及びメダカ等の淡水魚について実験した．

その結果，各魚種いづれも気泡網による駆集及び遮断効果がみとめられた．魚種別の相違は，静止遮断実験で顕著にみられ，キンギョが最もよく，ヒブナ，ヒメダカがこれにつぎ，メダカが最も劣つていた．

本実験の空気圧の範囲（0.2kg/cm²）では，気泡孔間隔がせまくなり，空気量が多くなるほど，駆集及び遮断効果があがる傾向になり，しかも一定の限界以上になるとその効果にさほどのちがいは認められないようになる．将来，各種条件を考慮した場合の有効気泡選定についての法則性を求め，気泡網の実用化をはかりたい．

文献

1) Driving herring schools with compressed-air-curtain : Commercial Fisheries Review Jan. 1958 and Dec. 1957.

On the Physical Analysis of the Fixed-fishing-net Resistance

Masaji KANAMORI

Summary

(1) In order to investigate the under-water resistance of the fixed-net in the running water, the force acting on the sand-bag-ropes of the model-net was measured by two aparatus; one of them was an analytical balance, another was the wire-resistance-strain-meter. That strain meter is water-tight, having high sensitivity, and is newly-devised by the writer for the sake of this experiment. And the model-net was made according to the full-scale one, in which the length of the rope was made to be a fraction of the original one, while the angle to the water-bottom was kept equal to that of the actual case.

(2) It was ascertained that the force acting on the fixed-net was to be adequately expressed in the following equation,

$$R=C\frac{\rho}{2}S_0(1-kV)V^2$$

Here, k is the coefficient of the net-deformation, and C is the coefficient of the drag influenced by the factors except the deformation. Therefore in any fixed-net, the approximate value of the drag at any current velocity came to be easily computed.

While the current-velocity is lower than 18 cm/sec, the value of k is 0.025～0.045, and that of C is approximately 6.3×10^{-4}.

(3) (a) As to the net whose net-foot detatches itself from the water bottom, the hydrodynamic force on the net and its direction were counted. It was ascertained that the vertical component of it is the lift acting on the net, and that the horizontal component of it is the drag on the net, and this is equal to the horizontal component of the force on the rope.

(b) In the one whose net-foot attatches itself to the water-bottom, it was ascertained that besides the force acting on the sand-bag rope, there is another force on the net-foot, and that this works as a kind of downward force. These are the phenomena which have been left unobserved hitherto.

I. Introduction

(1) In the research on the hydrodynamic force acting on the Fishing-net, the model-net stretched upon the square frame was used by Terada, Sekine, and Nozaki,[1] the same method has been taken by Tauchi, Miura, and Sugii[2]; Miyake[3]; Fujita and Yokota[4] respectively.

But, according to the results obtained from such experiments, it was difficult to get a reasonable result on the full-scale net. So, to make the model-net, law of comparison derived from the Law of Similarity was presented by Tauchi.[5] After this the researches on the full-scale-net have been done in accordance with this law. For example, we have the reports on the fixed-net done by Miyamoto[6] and on hauling-net by Miyazaki[7] and Sato.[8][9]

(2) The model experimental researches on the fixed-net have generally been done by the following process, namely, from various directions, the water-current was pushed against the fixed model-net, and then, such items as follows were observed, sketched and photographed; a) The changing shape of the net-deformation and the limiting

current velocity to keep the net effective enough to catch the fish. b) The proper arrangement of the sand-bag, floater, and the sinker firm enough to prevent the net-body being washed away, even under the greatest current velocity. c) The measurement of the force acting on the net by means of measuring the tension, exerted by the net on the sand-bag ropes.

The results of these experiments roughly coincided with the observed results of the full-scale net. When the model-net is made to be of too small scale, the net-rope of the model-net becomes too tough. Although this toughness causes some differences between the model-net and the full scale one, but in the law of comparison, the toughness has been put out of consideration.

And in the experiments done hitherto, the observations of the net-deformation occurring under the various current velocities and directions were carried out, in the actual fishing ground, with almost no experimental analysis done to the net-deformation.

(3) Now, the experiments done hitherto show that the resistance of the net deformed slightly is roughly proportional to the square of the current velocity.[6)8)] And, the resistance of the net R is generally expressed by the equation,[6)]

$$R=\Phi\,(Re,\ Fr,\ D/L)\ \frac{\rho}{2}SV^2$$

As to Re, in the fisheries no special experiment has been done; while as to the drag to the square net some experiments have been done:[1)2)3)] in those experiments, D means the diameter of the net-thread, L, the length of the one foot of the net-mesh; and here, provided D/L is $0.01\sim0.07$ and current velocity V lies within $10\sim200$ cm/sec; $R=k\rho S\,V^n$ (k=const.).

In this equation, the relation of k to Re was put out of consideration, and Fr was considered small enough to be neglected, especially in case of the fixed-net. So, putting $\Phi(Re,\ Fr,\ D/L)\ \frac{\rho}{2}S=k$ (const.), many researchers have generally used $R=kV.^n$

(4) The equation of $R=kV^n$ has been used in analyzing the net-resistance in water, but as to k and n in various kinds of the fishing net, no unifying result has been obtained.

In this, n is in any kind of net, smaller than 2 and larger than 1. It has been considered n is due to the net-deformation brought-forth by the current velocity. In the net which shows greater deformation against the current, for example, in the fixed-net, n is, generally, far smaller than 2. While, even if the current velocity is constant, the variation in the form and construction of the net itself causes the difference in the deformation, namely, in n.

The result derived from the fixed-net experiments, however, shows that with the change of n, k changes also. And then there have been no unified considerations covering both k and n, though, as to n some consideratinos have been paid.

(5) Although the discussions of the buoyancy of the floaters, the weight of the sinkers, the fixing force of the sand-bag and the length of the sand-bag rope heve been done according to the results got from the model-net, the clarification of this subject from dynamical view point has been left almost untouched. Therefore, the clarification is considered to be both essential for making the advanced blue-print of the fixed-net and important for the improvement of the fixed-fishing net in general.

II. Experimental Method and Apparatus

(1) Kind of Fixed-Net used in the Experiment

The desirable conditions of the fixed-net are as follows: the economy of material and labour; duration of the net body against the damage and forfeit through tide-

current; the high luring capacity for any kind of fish; the firm catching efficiency. The under-water-set fixed-net revised and improved from the sea-bottom fixed-net used in Hokkaido and Tohoku districts was considered to be the very one satisfying those strict conditions. This one, specially devised, is set chiefly along the sea-bottom, and the hem of the net fully or partially is submerged under the sea-surface. And then to improve, in more advanced degree, these special types of fixed-net, some model experiments were carried out on the eleven nets (among which 4 nets are under practical use and 7 nets are newly devised by the author) and as to the other nets of ordinary above-water-setting type, the experiments were done on 18 nets (6 groups, in each group are contained 3 nets) for the purpose of a comparative experiment.

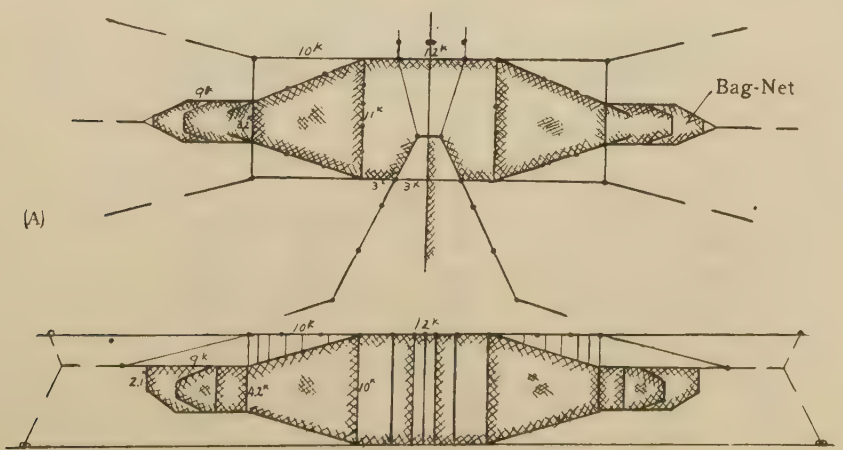
In this research, the fixed-net set under the water was divided into 2 typs; the one in which the part of the net-body lies above the water while the rest of it is buried underwater; the second is the one in which the whole of the body is buried underwater.

In other words, in the net of the first type, the buoyancy of which is made to be larger than the total under-water weight of the net, the rope and the sinker; and in the net of the second type the reverse is the case. The first, then, further divided into 2 kinds, (a)[12)13)14)15)16)] and (b).[4)] Likewise, the second one was also divided into 2 kinds, (a) and (b).[12)16)17)] and, in the second type, the experiment on (a) was unnecessary and put out of consideration. Therefore in the case of 1-a, the number of the kind used is 7, in case of 1-b, it is 1, and in case of 2-b, it is 3. Some representative nets among these are shown in Fig. 1 (A), (B), (C), (D), (E), (F).

The model-net used in the experiment was constructed according to the Law of Similarity presented by Tauchi.[5)] By the way, the model experiment was done under the cnodition that the range of Re is $10^2 \sim 10^4$, that of Fr is $0.03 \sim 0.3$, and that of D/L $0.02 \sim 0.05$ (D means the diameter of the thread used in the experiment, and L means the length of one leg of the mesh).

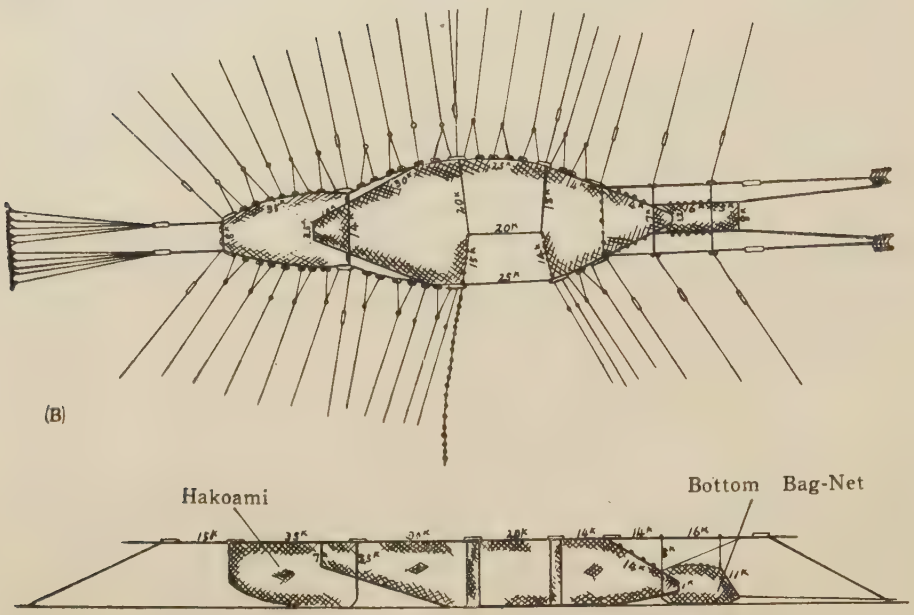
Especially, the nets used in the comparative experiments consist of the two typs, the one is the square-typed simple fixed-net (Fig. 4); the other is the hedge-net (Fig. 5); and in this case the ratio between the buoyancy B^* and the under-water-weight W is

Fig. 1. Off-shore
1–a



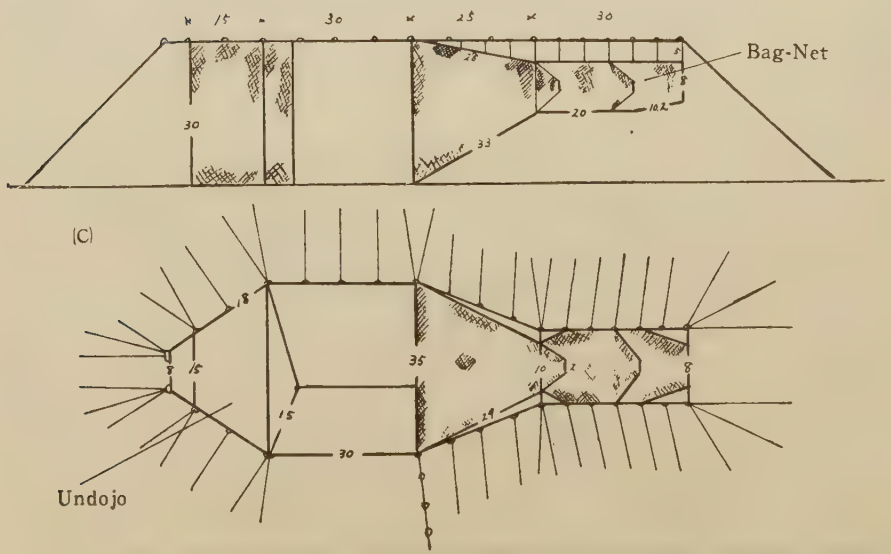
Main scale and view of Bottom-trap Net of Toyama Bay.

Fig. 1.
1–a



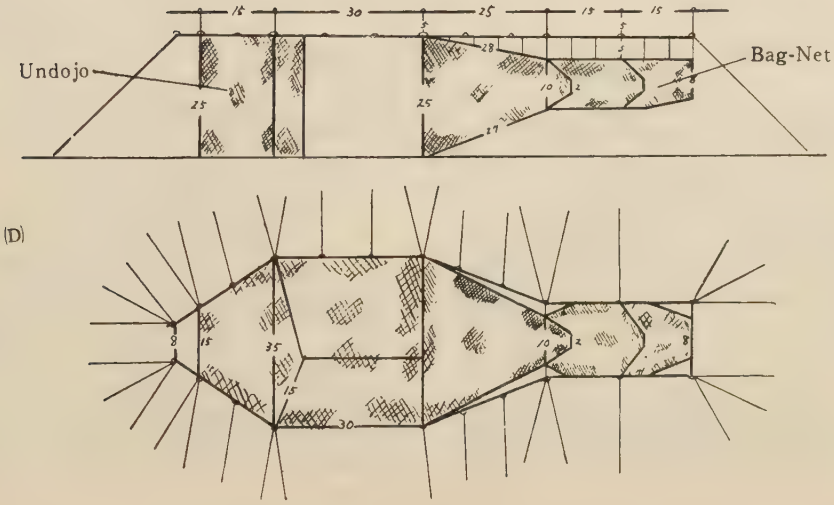
Main scale and view of Trap-Net furnished with Sea Bottom Bag-Net.

Fig. 1.
1–a



Middle-Rayer Set-Net A–Type.

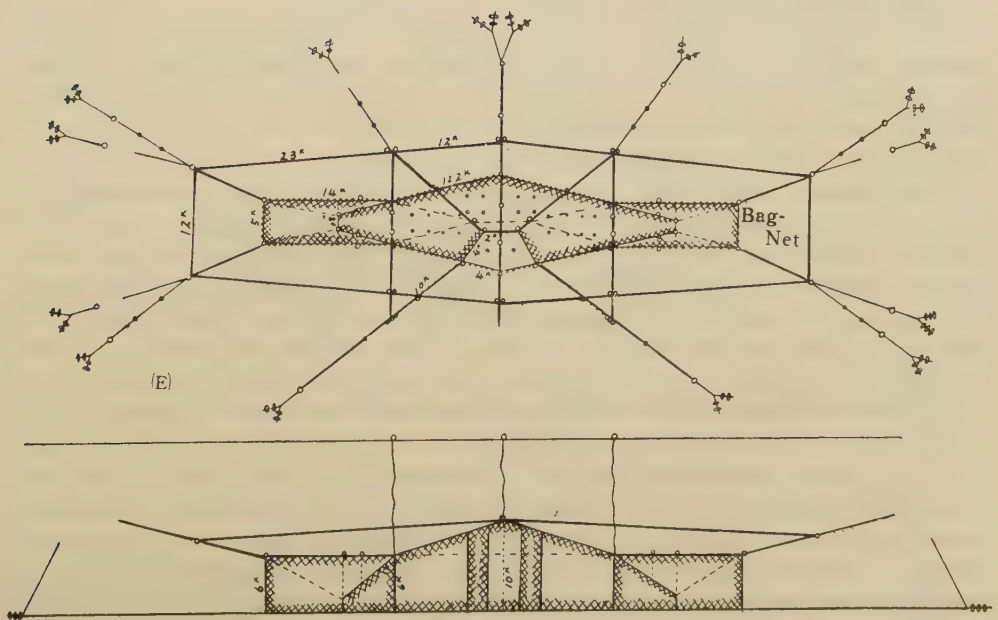
Fig. 1.
1–b



Middle-Rayer Set-Net B–Type.

Fig. 1.
2–b

Off-shore



Main scale and view of improved Bottom Fixed-Net in Hokkaido.

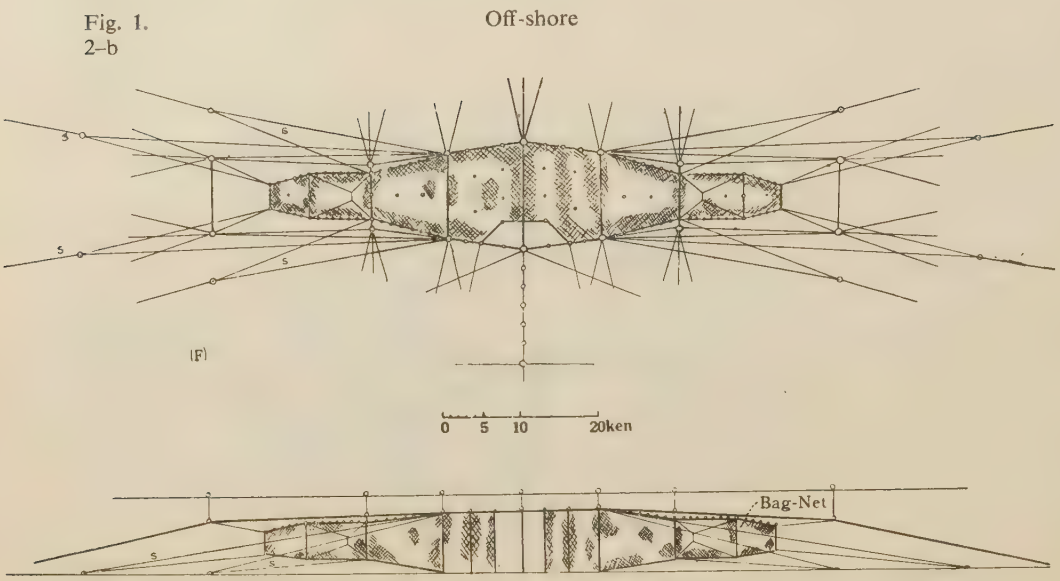


Fig. 1. The kinds of Fixed-Net used in this experiment.

fixed into the 3 groups of 1/2, 1/1, 2/1, ; and in each group the length of the sand-bag rope is made to be 2, 3 and 4 times of the water-depth respectively. And, the net used in order to fix the force to the net-foot, was as shown in Fig. 2-c, namely a piece net of simple construction with the sand-bag ropes 2 times as long as the water depth.

(2) Experimental Apparatus and Method

In the experiment, in its earlier stage, the closed-circuit water tank[12] of the Imperial Fisheries Institute (Present Tokyo College of Fisheries) was used, and later, the experiment towing tank[13] of the Tokai Fisheries Researching Institute was used, and since 1955 the large-sized symmetrical circulating water tank[18] of the Faculty of Fisheries in Kagoshima University has been made use of.

The model-net is set in the water at the depth which is the equal reduced-scale of the real fishing ground, and the length of the sand-bag rope is made to be equal abbreviated scale of the full scale one. Then, the angle which sand-bag ropes makes with the water-bottom is made to be equal to that of full-scale. And after making the current run from a certain direction, the following items were observed and taken in photo : the deformation of the net, the sinking-down of the floaters and the floating-up of the net-foot ; while, the measurement of each main part was made, the net-shape and the current-velocity when thesand-bag was in slipping state were ascertained, and the resistance of the net-body was measured. The current velocity given was approximately 1/4, 1/2, 3/4 and 1.0 mile per hour in comparison with the velocity given in the case of the full-scale net.

The net-deformation was expressed by the projected-area of net to the water-current, namely, it was counted from the photo taken and from the measure of the main parts of the net. While, because of the complicated construction of the net and the infolded state of it under-water, the vacua of the meshes were not put out of the counting but included in it.

As a trial method, in measuring the resistance exerted by the net on the sand-bag rope, some sets of the frictionless pulley of small type were used, they were set at the places where the sand-bags were fixed, while the ropes of the sand-bag were led to pass through them, and the ropes were gathered into one and then the resistance upon rope was measured with the balance.

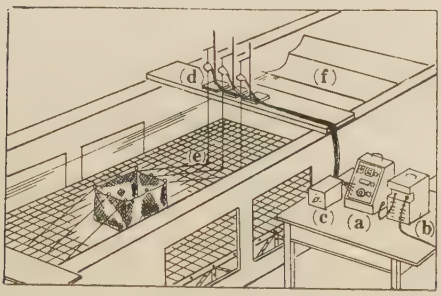


Fig. 2–a. Arrangement of the apparatus.

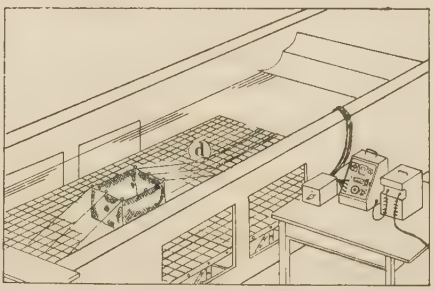


Fig. 2–b. Arrangement of the apparatus.
(a) Wire resistance strain meter.
(b) Eliminator. (c) Switch box.
(d) Tension pickup. (e) Pulley.
rain-board.

Errata

P. 150	8th line from the bottom, should be read	thesand-bag. the sand-bag.
P. 161	Bottom line, should be read	9 are representative ones. 9 show the S/V diagram semi-logarithmically plotted.
P. 170	In Table VI, C_P : 4.9, 7.6 shoud be read 6.3, 10.2 and C_Q : 1.9, 1.7, 2.7 should be read 2.3, 2.1, 2.2.	

Sand-bag rope.

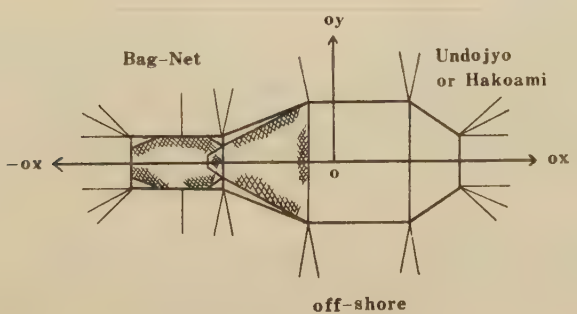


Fig. 2–d. Current direction.

As, the second method, the author used the Amplifier (made at Toyo Measuring Instruments Co., Ltd. Type us-7c). The tension pickup, maximum load 50 gr, length 20 mm, width 8 mm, thickness 3 mm, with somewhat bent and curved form, especially, the one having the water-tight faculty (made at Shinkoh Communication Industry Co., Ltd.) was used in the air in stead of the balance. As the third method, the resistance to every one

rope of the model sand-bag was led one by one from the three pulleys set at the fixing place of the sand-bag to the three tension pickups set in the air, and the sum of the resistance on the three ropes was made (Fig. 2-a).

As the fourth method, the sand-bag ropes were connected to the three pickups set at the fixing place of the sand-bags and the tension upon each one separated rope was measured in the water and the sum of which was brought into account (Fig. 2-b). This fourth method needs no use of pulley, and may be adopted irrespective of the number of sand-bag rope and of the net-setting direction to the water current. So this may be presented as a new method of measuring the tension. The merit consists in counting easily and promptly each tension on the separated rope and making sum of it.

In order to discuss the resistance on the net-foot the following method was used. First, together with the leaden sinkers, to the foot of a net, a small diameter bamboo having the equal width to that of the net foot (specific gravity 1.0) is attached. And after driving a current against the net, and under a given velocity, the status of the slided sinker when the net-foot is lifted from the water-bottom is ascertained, while the force to the sand-bag ropes propping the net is measured by the tension pickup set under the water. Then the sinker is removed and instead of it, at the proper points of the bamboo stick, two tension pickups are attatched, and this stick is fixed at the place where the slided sinker was set. The current is sent against the net reproducing the state observed under the given current velocity, and the forces to the net-foot and to sand-bag rope are measured respectively (Fig. 2–c).

Current-velocity is counted chiefly by measuring the time of the flowing distance of the red-bean-sized-cork-splinter. Hiroi's current-meter also was used[19] by turning reversely. In measuring such minute current velocity as 14.5 cm/sec, the electric currentmeter (made at Toho Den-Tan Co., Ltd. Type M 1 B: revised for the measurement of low current; measuring limit 10.1 cm/sec～1.5 cm/sec) was also used partially.

And the measurement of the current-velocity-distribution at a certain section of various depths was carried out by the simultaneous discharging, into the water, of the Fluorescein solution (1 mg/ml, 0.1 N. NaOH is used after its being diluted five times) and by photographing the flourescent colored flowing by 8 mm. camera.

The method of which is as follows; a piece of glass tube with the length of 35 cm, outer-diameter of 6 mm, inner-diameter of 4 mm, having one end closed and with small pores of the diameter of 0.1 mm, cut at five points, and with the interval-distance of 5cm, this tube is immersed vertically under water, and afterwards it is connected with the glass-ball filled with Fluorescein solution, and at the time when pressed air is sent into this glass-blub and free-screw is opened, the solution is made to flow into the water simultaneously, and that instant, the flourescent colored flowing current is caught by the camera.

(3) Comparative Research of the Resistance-Measuring Methods

The various methods of tension measurement discussed upon in the above mentioned paragraphs may be divided into 4 kinds, so, here, the result got from the comparative tests of these 4 kinds is described first.

The shape of the net used in this test is as follows; length 28 cm, depth 28 cm, right square shaped net with total buoyancy 6.8 gr, under-water total weight 6.8 gr, with three sand-bag ropes (length 60 cm) attached at the upper current side as shown Fig. 2-a, b.

Three kinds of current-velocity is given, namely, in case of the model-net, 10.25 cm/sec (1/2 mile per hour in the full scale net) 15.35 cm/sec (3/4 mile/h), 20.5 cm/sec (1.0 mile/h). The tension got by 1～4 measuring methods is shown in Table I.

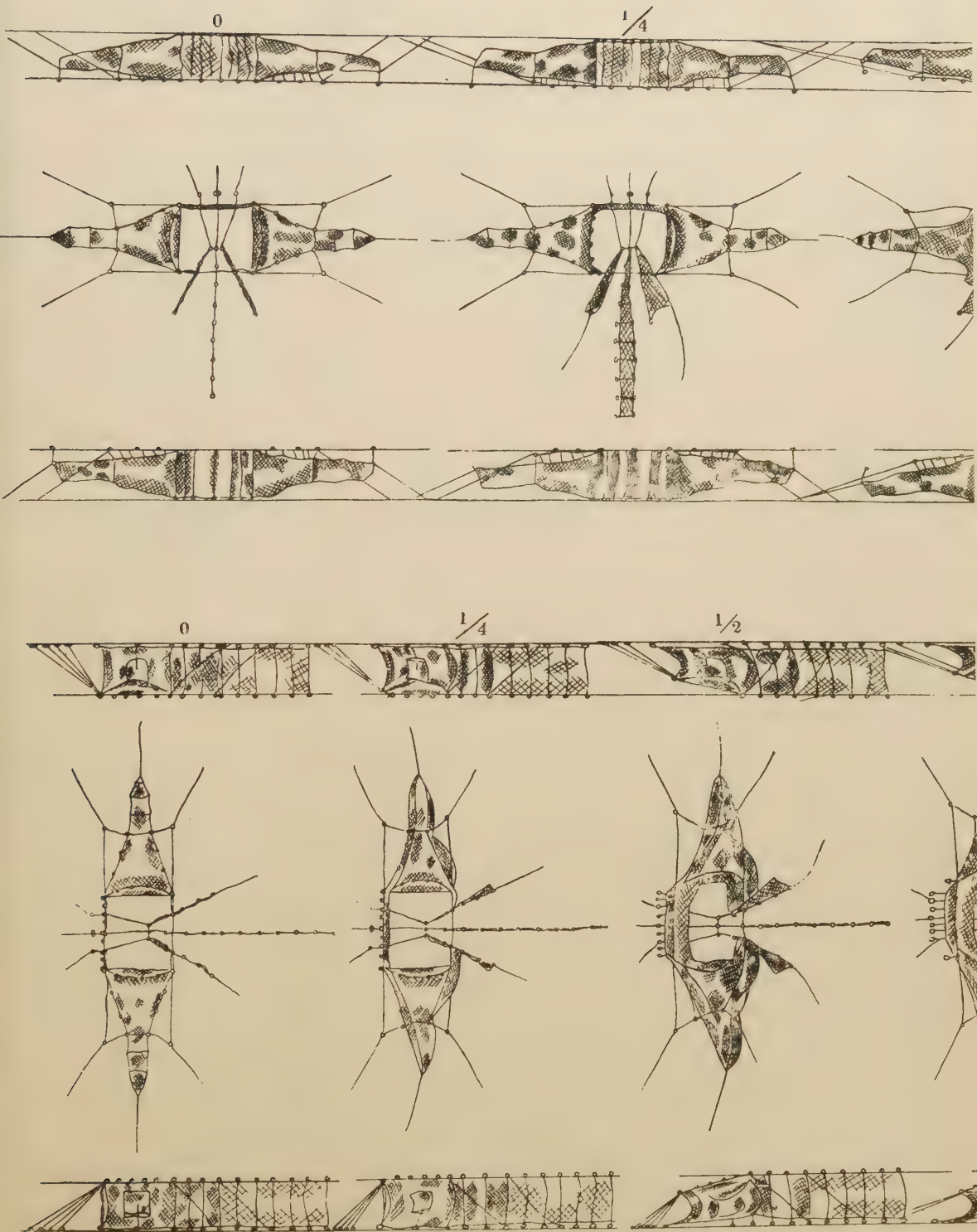
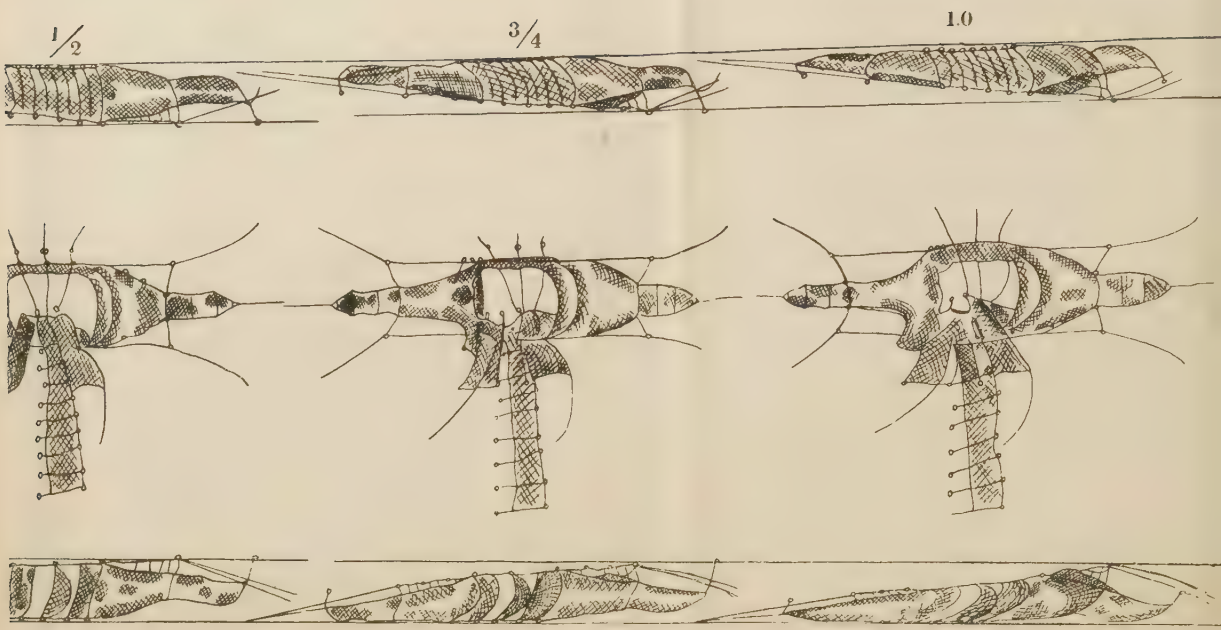
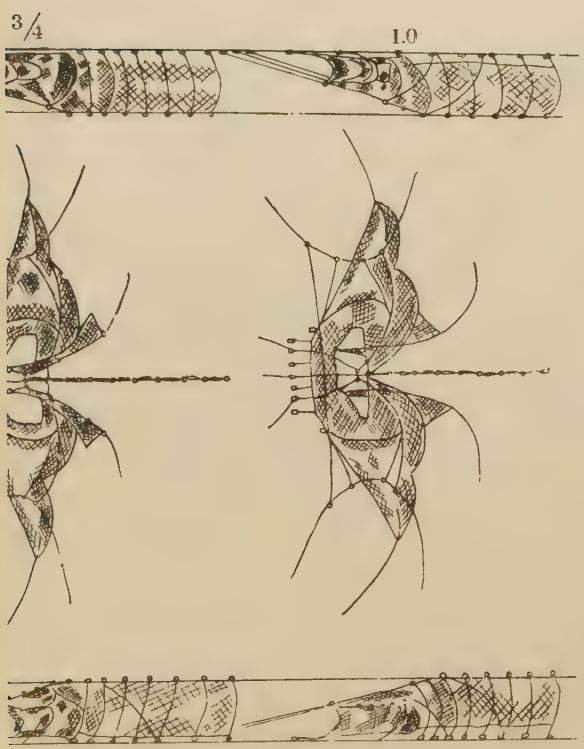


Fig. 3–a. Deformation of net characterized by the current direction and velocity (mile/hour).


1/2
3/4
1.0


3/4
1.0

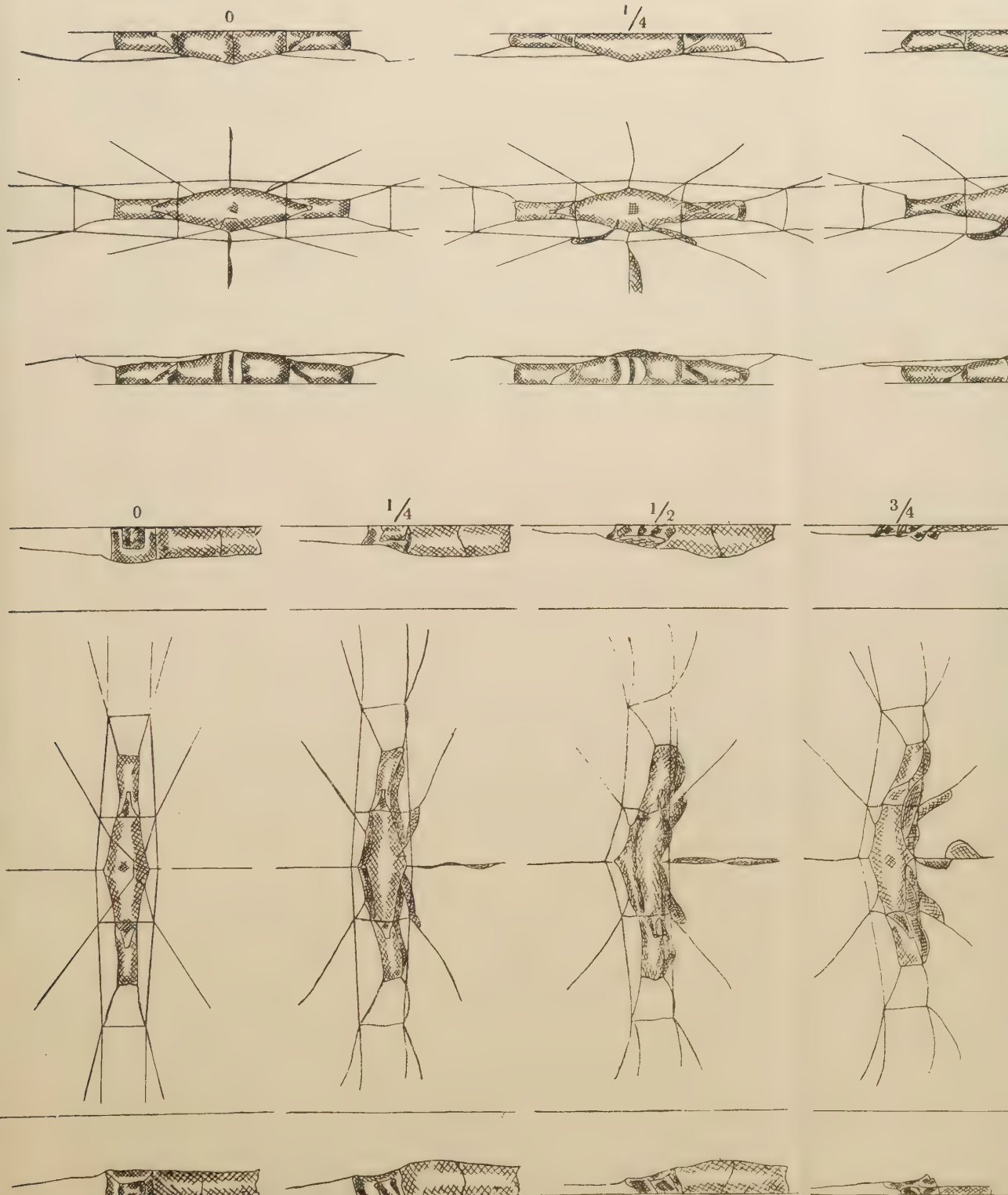
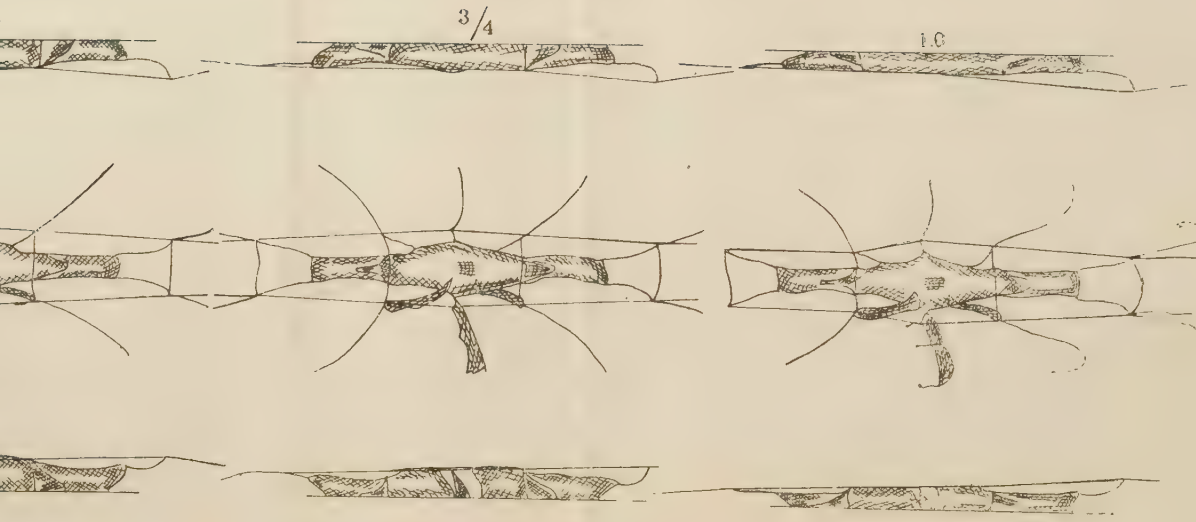
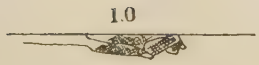


Fig. 3–b. Deformation of net characterized by the current direction and velocity (mile/hour).


3/4
1.0


1.0

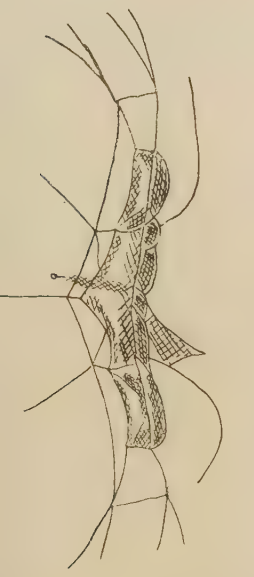


Table I. The tension got by four different methods.

Current Velocity cm/sec \ Measuring Method	1	2	3	4
10.25	14.2gr(×1.37)	14.0gr(×1.39)	18.5gr(×1.05)	19.5gr(×1.0)
15.35	25.7 (×1.25)	25.0 (×1.28)	30.7 (×1.04)	32.0 (×1.0)
20.50	35.7 (×1.19)	36.5 (×1.16)	40.0 (×1.06)	42.5 (×1.0)

In the above Table, between the two methods of the first and the second, there is the difference of 1.4% [$=(14.2\sim14.0)/14.2\times100$], 2.8% and 2.2% concerning each current velocity, and this is a quite slight odds, so we might put them out of consideration. In the comparison of the results got through the 3rd and 4th methods, the value got through the 4th shows 5.4%, 4.2% and 5.9% higher values per each current-velocity than the one got through the 3rd method. This might be due to the fact that there was not any friction-resistance as no pully was used in the 4th method. And this, also might be neglecetd.

There may be noted a considerable difference between the mean value of the first and of the second, and that of the third and the fourth, the measuring methods of which are similar, and there is 25.8% [$=(14.1\sim19.0)/19.0\times100$], 19.1% and 12.5% difference with the respective current velocity. And it is ascertained that the smaller is the current velocity the larger becomes the percentage, and it may be considered that the frictions of pully and others give some influence to this percentage, as the resistance was got by measuring the last sand-bag rope uniting all others into one. Among the four methods, then, the fourth may be presented as the most advanced one in measuring the resistance of the sand-bag ropes, as this enables us to get the value most approximate to the exact one.

At the first stage of this research, the first method was chiefly adopted, the third method was used in the comparative experiment shown in Table III and the fourth method was used in making the comparative research of the resistance.

Supposing the value of the fourth might be relied upon, to the measured value got by each method at the each current velocity, the value shown in the brakets in Table I must be multiplied. But in this report no multiplication is made. But this should be taken into consideration in the computation of the resistance.

III. The Results of the Experiment

On the kind and number of the fixed-net tested by the author, the data was recorded in the paragraph (1) of Section II, in which the variations in the net deformation, the conditinos of the sand-bag slipping were observed, together with the measurement of the resistance acting on the net. In this paper, the resistance of the fixed-net and the net-deformation under water were chiefly discussed, and the effects of them to the fish were left to another paper.

As shown in the former paragraph, in each fixed-net, net-deformation changes, as shown in Fig. 3, according to the current velocity, though here are presented only some representive deformations. The projected-area of the net got from these figures shall be found in the 2nd line of Table II, and the resistance of the net got in the above mentioned first method shall be found in the 9th line, horizontal and vertical component of the resistance in 10th and 11th line respectively. Besides, in this table, the conditions showing the net-state shall be found too. Especially, θ denotes the rake-angle of

Table I. The tension got by four different methods.

Current Velocity cm/sec \ Measuring Method	1	2	3	4
10.25	14.2gr(×1.37)	14.0gr(×1.39)	18.5gr(×1.05)	19.5gr(×1.0)
15.35	25.7 (×1.25)	25.0 (×1.28)	30.7 (×1.04)	32.0 (×1.0)
20.50	35.7 (×1.19)	36.5 (×1.16)	40.0 (×1.06)	42.5 (×1.0)

In the above Table, between the two methods of the first and the second, there is the difference of 1.4% [=(14.2~14.0)/14.2×100], 2.8% and 2.2% concerning each current velocity, and this is a quite slight odds, so we might put them out of consideration. In the comparison of the results got through the 3rd and 4th methods, the value got through the 4th shows 5.4%, 4.2% and 5.9% higher values per each current-velocity than the one got through the 3rd method. This might be due to the fact that there was not any friction-resistance as no pully was used in the 4th method. And this, also might be neglecetd.

There may be noted a considerable difference between the mean value of the first and of the second, and that of the third and the fourth, the measuring methods of which are similar, and there is 25.8% [=(14.1~19.0)/19.0×100], 19.1% and 12.5% difference with the respective current velocity. And it is ascertained that the smaller is the current velocity the larger becomes the percentage, and it may be considered that the frictions of pully and others give some influence to this percentage, as the resistance was got by measuring the last sand-bag rope uniting all others into one. Among the four methods, then, the fourth may be presented as the most advanced one in measuring the resistance of the sand-bag ropes, as this enables us to get the value most approximate to the exact one.

At the first stage of this research, the first method was chiefly adopted, the third method was used in the comparative experiment shown in Table III and the fourth method was used in making the comparative research of the resistance.

Supposing the value of the fourth might be relied upon, to the measured value got by each method at the each current velocity, the value shown in the brakets in Table I must be multiplied. But in this report no multiplication is made. But this should be taken into consideration in the computation of the resistance.

III. The Results of the Experiment

On the kind and number of the fixed-net tested by the author, the data was recorded in the paragraph (1) of Section II, in which the variations in the net deformation, the conditinos of the sand-bag slipping were observed, together with the measurement of the resistance acting on the net. In this paper, the resistance of the fixed-net and the net-deformation under water were chiefly discussed, and the effects of them to the fish were left to another paper.

As shown in the former paragraph, in each fixed-net, net-deformation changes, as shown in Fig. 3, according to the current velocity, though here are presented only some representive deformations. The projected-area of the net got from these figures shall be found in the 2nd line of Table II, and the resistance of the net got in the above mentioned first method shall be found in the 9th line, horizontal and vertical component of the resistance in 10th and 11th line respectively. Besides, in this table, the conditions showing the net-state shall be found too. Especially, θ denotes the rake-angle of

Table II. Various conditions showing the specific

Name and characteristics of Net	Current direction	1. Velocity cm/sec	2. Projected area cm^2 $S_0(1-kV)$	3. Coefficient of deformation k	4. Depth D cm	5. Distance of sinker-site from bottom H_0 cm
(1)		0.0	457.5		16.0	0.0
		4.7	431.0		〃	1.1
(1—a)	*ox*	9.4	405.0	0.012	〃	0.9
Soko-Hisago-Ami		14 0	379.0		〃	0.6
Sum Total of Buoyancy		18.7	352.0		〃	0.5
B= 7.5 gr						
Sum Total of Under-water-weight		0.0	2022		16.0	0.0
		4.7	1735		〃	〃
	oy	9.4	1450	0.03	〃	〃
W= 1.8 gr		14.0	1165		〃	〃
B/W= 4.2		18.7	877		〃	〃
(2)		0.0	718.0		20.0	0.0
		10.3	684.2	0.005	〃	3.5
(1—a)	*ox*	15.4	667.5		〃	5.2
Trap-Net with Bottom Bag-Net		20.5	651.0		〃	6.0
		0.0	758.5		20.0	0.0
B= 97.2 gr		10.3	579.3	0.023	〃	5.1
W= 27.0 gr	*−ox*	15.4	490.5		〃	8.3
B/W= 3.6		20.5	401.8		〃	10.3
		0.0	171.2		12.0	0.0
(3)		4.6	154.6		〃	〃
	ox	9.2	138.0	0.021	〃	〃
(1—a)		13.8	121.4		〃	〃
Improved Salmon Set-Net B-Type		18.4	104.8		〃	〃
		0.0	1054.3		12.0	0.0
B= 6.3 gr		4.6	831.9	0.046	〃	1.4
W= 4.7 gr	*oy*	9.2	609.4		〃	2.5
B/W= 1.34		13.8	386.9		〃	3.0
(4)		0.0	568.1		22.6	0.0
	ox	8.3	476.8	0.02	〃	3.6
(1—a)		18.2	367.9		〃	3.0
Middle-Rayer Yellow-tail Set-Net A-Type						
		0.0	648.8		22.6	0.0
B=94.0gr W=16.7gr	*−ox*	9.5	456 2	0.031	〃	〃
B/W= 5.6		18.2	279.9		〃	7.0
(5)		0.0	253.4		13.6	0.0
		6.2	180.2	0.046	〃	2.5
(1—a)	*ox*	7.7	162.5		〃	0.9
Middle-Rayer Yellow-tail Set-Net I-Type		9.1	146.1		〃	0.8
		0.0	233.0		13.6	0.0
B= 34.0 gr		3.7	181.0	0.06	〃	1.1
W= 5.2 gr	*−ox*	7.7	125.0		〃	3.5
B/W= 6.5		9.1	105.0		〃	2.5
(6)		0.0	237.9		13.6	0.0
		2.7	210.6	0.052	〃	〃
(1—a)	*ox*	3.7	196.9		〃	2.7
Middle-Rayer Yellow-tail Set-Net II-Type		5.5	169.6		〃	1.5
		0.0	235.8		13.6	0.0
B= 33.0 gr		2.2	199.5	0.07	〃	〃
W= 5.9 gr	*−ox*	3.7	174.7		〃	1.8
B/W= 5.6		5.5	145.0		〃	2 5

characters of the Net.

6. Distance of bouy-site from bottom H cm	7. Length of Sand-Bag rope l cm	8. $\sin^{-1}\left(\frac{H}{l}\right)$ θ	9. Force acting on the rope R gr	10. Horizontal force $R\cos\theta$ P gr	11. Vertical force $R\sin\theta$ Q gr	12. Horizontal coefficient of R C_P	13. Vertical coefficient of R C_Q
15.3	32.0	28°35′	0	0	0	0	0
14.5	〃	26°56′	2.0	1.8	0.9	3.8×10^{-4}	1.9×10^{-4}
11.8	〃	21°37′	8.9	8.3	3.3	4.7	1.9
8.9	〃	16°08′	17.7	17.0	4.9	4.6	1.3
6.7	〃	12°05′	19.4	19.0	4.1	3.1	0.7
15.5	32.0	28°59′	0	0	0	0	0
15.0	〃	27°57′	1.8	1.6	0.8	0.8×10^{-4}	0.43×10^{-4}
11.0	〃	20°07′	10.0	9.4	3.4	1.5	0.54
9.5	〃	17°17′	19.8	18.9	5.9	1.6	0.51
8.2	〃	14°50′	35.3	34.1	9.0	2.2	0.59
20.0	30.0	41°45′	0	0	0	0	0
〃	〃	〃	23.4	17.5	15.6	6.5×10^{-4}	5.8×10^{-4}
18.0	〃	36°52′	58.8	47.8	35.8	10.0	7.6
17.8	〃	36°22′	81.7	65.8	48.5	10.5	7.8
20.0	40.0	30°00′	0	0	0	0	0
〃	〃	〃	18.6	16.1	9.3	5.3×10^{-4}	3.0×10^{-4}
17.0	〃	25°47′	46.4	41.8	20.2	7.2	3.5
11.8	〃	17°09′	69.0	66.0	20.3	7.8	2.4
7.0	48.0	8°23′	0	0	0	0	0
6.1	〃	7°18′	11.1	11.1	1.43	67.5×10^{-4}	8.7×10^{-4}
5.0	〃	5°59′	12.8	12.8	1.35	21.9	2.3
3.8	〃	4°33′	—	—	—	—	—
3.0	〃	3°35′	27.9	27.9	1.75	16.0	1.0
10.0	48.0	12°01′	0	0	0	0	0
8.0	〃	9°35′	10.4	10.3	1.74	11.8×10^{-4}	2.0×10^{-4}
7.0	〃	8°23′	16.1	16.0	2.36	6.0	0.9
5.0	〃	5°59′	—	—	—	—	—
22.6	34.0	41°37′	0	0	0	0	0
15.6	〃	27°18′	20.4	17.8	9.2	10.8×10^{-4}	5.6×10^{-4}
13.6	〃	23°35′	73.0	67.0	29.3	11.0	4.8
22.6	34.0	41°37′	0	0	0	0	0
19.7	〃	35°25′	32.0	26.1	18.5	12.6×10^{-4}	9.0×10^{-4}
11.5	〃	19°46′	83.0	78.1	28.0	16.8	6.0
13.6	30.3	26°40′					
8.1	〃	15°30′					
5.1	〃	9°41′					
4.8	〃	9°06′					
13.6	30.3	26°40′					
12.1	〃	23°32′					
9.0	〃	17°17′					
5.9	〃	11°13′					
13.6	30.3	26°40′					
〃	〃	〃					
10.6	〃	20°28′					
9.2	〃	17°48′					
13.6	30.3	26°40′					
〃	〃	〃					
12.5	〃	24°21′					
11.3	〃	21°52′					

Name and characteristics of Net	Current direction	1. V cm/sec	2. $S_0(1-kV)$	3. k	4. D cm	5. H_0 cm
(7)		0.0	236.6		13.6	0.0
(1—a)	*ox*	1.8	215.0	0.051	〃	〃
Middle-Rayer Yollow-tail Set-Net III-Type		3.3	197.0		〃	〃
		0.0	246.0		13.6	0.0
$B=24.6$gr		1.7	208.6	0.089	〃	〃
$W=5.9$gr	$-ox$	3.2	175.6		〃	〃
$B/W=4.2$		4.8	140.4		〃	0.9
(8)		0.0	478.0		22.6	0.0
(1—b)	*ox*	8.3	387.6	0.023	〃	2.4
Middle-Rayer Yellow-tail Set-Net B-Type		18.2	279.8		〃	0.9
		0.0	501.1		22.6	0.0
$B=45.5$gr $W=15.7$gr	$-ox$	9.5	421.4	0.017	〃	4.2
$B/W=2.9$		18.2	348.5		〃	0.0
		0.0	171.2		15.0	0.0
(9)		4.6	154.6		〃	〃
(2—b)	*ox*	9.2	138.0	0.021	〃	〃
Improved Salmon Set-Net A-Type		13.8	121.4		〃	〃
		18.4	104.8		〃	〃
$B=4.0$gr		0.0	1064		15.0	0.0
$W=4.8$gr	*oy*	4.6	841	0.046	〃	〃
$B/W=0.83$		9.2	618		〃	1.5
		13.8	396		〃	〃
		0.0	229.4		14.0	0.0
(10)		4.0	204.0		〃	〃
(2—b)	*ox*	8.0	178.4	0.028	〃	〃
Salmon Sea-Bottom Fixed-Net		12.1	152.8		〃	〃
		16.1	127.5		〃	〃
$B=1.4$gr		0.0	1081		14.0	0.0
$W=2.8$gr	*oy*	4.0	834	0.057	〃	〃
$B/W=0.5$		8.0	556		〃	〃
		12.1	334		〃	〃
		0.0	250.0		15.15	0.0
(11)		4.9	207.6		〃	〃
(2—b)	*ox*	9.7	165.2	0.035	〃	〃
Yellow-tail Sea-Bottom Fixed-Net		14.5	123.2		〃	〃
		19.4	80.4		〃	〃
		0.0	1229.5		15.15	0.0
$B=7.0$gr		4.9	1032.0		〃	〃
$W=8.9$gr	*oy*	9.7	834.6	0.035	〃	〃
$B/W=0.8$		14.6	639.2		〃	〃
		19.4	479.7		〃	〃

Note: (*ox*), the direction of current when the tide comes from the Bag-Net and These three shall be found in Fig. 2–d.

the sand-bag ropes. And in Table III and in Fig. 4, 5 are shown the results of the comparative experiments done on the square net, and on a piece of flat-net. And in Fig. 6 the coefficient of the horizontal and vertical forces composing the whole resistance of the net in this case are shown.

In order to clear the floating-and-sinking-phenomenon of sinkers the following experiments are made. As shown in Fig. 7, the flat-net spread upon the frames is bent at the central line, and then Fluoresscein solution is discharged from the upper-stream

6. H cm	7. l cm	8. θ	9. R gr	10. P gr	11. Q gr	12. C_P	13. C_Q
13.6	30.0	26°40′					
〃	〃	〃					
11.7	〃	22°42′					
13.6	30.3	26°40′					
〃	〃	〃					
11.2	〃	21°41′					
8.1	〃	15°30′					
19.0	29.0	40°55′	0	0	0	0	0
12.4	〃	25°19′	13.0	11.8	5.58	8.8×10^{-4}	4.2×10^{-4}
7.0	〃	13°58′	39.0	38.9	9.68	8.2	2.1
19.0	29.0	40°55′	0	0	0	0	0
16.6	〃	34°53′	33.0	27.1	18.9	14×10^{-4}	9.9×10^{-4}
8.8	〃	17°40′	128.0	122.0	43.8	21.2	7.6
8.0	48.0	9°36′	0	0	0	0	0
6.4	〃	7°40′	7.6	7.6	1.02	14.0×10^{-4}	6.2×10^{-4}
6.1	〃	7°18′	11.5	11.5	1.47	19.5	2.5
4.2	〃	5°01′	—	—	—	—	—
3.9	〃	4°39′	16.7	16.7	1.34	9.4	0.8
10.0	48.0	12°01′	0	0	0	0	0
6.4	〃	7°40′	6.5	6.5	0.87	7.2×10^{-4}	1.0×10^{-4}
4.7	〃	5°37′	13.0	13.0	1.28	5.0	0.34
4.0	〃	4°47′	—	—	—	—	—
5.3	53.0	5°45′	0	0	0	0	0
4.4	〃	4°46′	0.26	0.26	0.02	1.6×10^{-4}	0.13×10^{-4}
3.6	〃	3°54′	0.53	0.53	0.04	0·9	0.06
3.0	〃	3°15′	2.1	2.1	0.12	1.9	0.11
2.4	〃	2°36′	3.4	3.4	0.15	2.1	0.09
5.5	53.0	5°57′	0	0	0	0	0
3.7	〃	4. 0′	0.43	0.43	0.03	0.65×10^{-4}	0.04×10^{-4}
2.7	〃	2°55′	0.9	0.9	0,05	0.45	0.02
2.0	〃	2°10′	2.82	2.82	0.12	1.15	0.05
11.4	45.45	14°32′	0	0	0	0	0
10.7	〃	13°37′	1.8	1.7	0.4	7.1×10^{-4}	1.7×10^{-4}
8.7	〃	11°03′	4.5	4.4	0.9	5.7	1.1
6.7	〃	8°29′	7.4	7.3	1.1	5.6	0.8
6.4	〃	8°06′	8.7	8.6	1.2	5.6	0.8
15.0	45.45	19°56′	0	0	0	0	0
〃	〃	19°16′	5.0	4.8	1.7	3.9×10^{-4}	1.4×10^{-4}
11.0	〃	14° 0′	6.4	6.2	1.6	1.5	0.4
9.5	〃	12°04′	11.6	11.3	2.4	1.7	0.4
8.2	〃	10°22′	16.0	15.8	2.9	1.9	0.4

Bottom Bag-Net; $(-ox)$, from the Hakoami and Undojyo; (oy), from the Off-shore.

part, and the direction of the flowing solution after it struck against the net and passed through the net-meshes is observed. In the result got, as shown in Fig. 7, at the upper half, there arises an upward current, and at the lower half there arises down-ward current, and at the net-foot and in its neighbourhood there arises down-ward flowing current. Next, as shown in the paragraph (1) of Section II, flat-net with simple construction is used and the force is measured which acts on the sand-bag ropes and on the net-foot, either when the sinkers slided along the water-bottom into

halting state as the net-foot was lifted by the running water, or when the sinkers were detatched from the water-bottom, and the following results as shown in Table IV were obtained.

Table III. Various conditions showing the specific

Name and characteristics of Net	1. Velocity cm/sec	2. Projected area cm^2 $S_0(1-kV)$	3. Coefficient of deformation k	4. Depth D cm	5. Distance of sinker-site from bottom H_0 cm	6. Distance of buoy-site from bottom H cm	7. Length of sand-Bag rope l cm	8. $\sin^{-1}\left(\frac{H}{l}\right)$ θ	9. Force acting on the rope R gr	10. Horizontal force $R\cos\theta$ P gr
Square-Net A	0.0	723		30.0	0.0	27.3	60.0	27°04′	0	0
Sum Total	5.12	598		〃	〃	19.5	〃	18°58′	2.1	2.0
Buoyancy	10.25	473	0.034	〃	〃	11.5	〃	11°03′	10.7	10.5
B=3.4 gr	15.35	348		〃	〃	7.6	〃	7°17′	25.1	24.9
	20.50	222		〃	〃	5.5	〃	5°16′	40.6	39.6
Sum Total	0.0	659		30.0	0.0	27.7	90.0	17°55′	0	0
Under-water-	5.12	555		〃	〃	20.8	〃	13°22′	3.3	3.2
weight	10.25	451	0.031	〃	〃	12.7	〃	8°07′	13.7	13.6
W=6.8 gr	15.35	347		〃	〃	9.0	〃	5°46′	23.9	23.8
	20.50	243		〃	〃	5.5	〃	4°09′	39.6	39.5
B^*/W=0.5	0.0	628		30.0	0.0	27.8	120.0	13°24′	0	0
	5.12	618		〃	〃	22 1	〃	10°37′	4.9	4.8
30 cm×30 cm	10.25	463	0.033	〃	〃	13.5	〃	6°28′	13.2	13.1
×30 cm	15.35	301		〃	〃	8.7	〃	4°10′	26.6	26.5
	20.50	226		〃	〃	6.9	〃	3°18′	40.3	40.2
	0.0	600		30.0	0.0	28.0	60.0	27°49′	0	0
Square-Net B	5.12	515		〃	〃	20.2	〃	19°40′	5.3	5.1
	10.25	429	0.028	〃	〃	12.7	〃	12°13′	16.6	16.2
	15.35	344		〃	0.1	8.9	〃	8°32′	34.3	33.9
B=6.8 gr	20.50	258		〃	0.5	6.8	〃	6°30′	48.2	47.1
	0.0	599		30.0	0.0	28.4	90.0	18°24′	0	0
W=6.8 gr	5.12	531		〃	〃	25.4	〃	16°24′	4.4	4.3
	10.25	462	0.022	〃	〃	15.3	〃	9°47′	20.0	19.7
B^*/W=1.0	15.35	394		〃	〃	10.8	〃	6°54′	32.5	32.2
	20.50	325		〃	0.3	8.5	〃	5°25′	48.1	48.0
30 cm×30 cm										
×30 cm	0.0	681		30.0	0.0	28.4	120.0	13°41′	0	0
	5.12	589		〃	〃	26.1	〃	12°34′	3.5	3.4
	10.25	496	0.027	〃	〃	16.7	〃	8° 0′	16.5	16.3
	15.35	404		〃	0.1	12.1	〃	5°47′	34.5	34.2
	20.50	311		〃	0.3	9.6	〃	4°35′	48.2	48.0
	0.0	705		30.0	0.0	28.2	60.0	28°02′	0	0
Square-Net C	5.12	598		〃	〃	22.1	〃	21°37′	4.7	4.4
	10.25	491	0.03	〃	0.5	13.1	〃	12°37′	18.2	17.7
	15.35	385		〃	1.1	9.5	〃	9°07′	35.0	34.5
B=6.8 gr	20.50	277		〃	1.3	7.3	〃	6°59′	53.2	52.8
	0.0	687		30.0	0.0	28.0	90.0	18°07′	0	0
W=3.4 gr	5.12	583		〃	〃	23.1	〃	14°52′	4.6	4.5
	10.25	478	0.03	〃	0.4	14.8	〃	9°28′	15.9	15.7
B^*/W=2.0	15.35	374		〃	1.1	11.0	〃	7°02′	34.0	33.6
	20.50	269		〃	1.8	9.0	〃	5°44′	52.0	52.0
30 cm×30 cm										
×30 cm	0.0	638		30.0	0.0	28.3	120.0	13°38′	0	0
	5.12	545		〃	〃	23.9	〃	11°29′	5.7	5.6
	10.25	451	0.03	〃	0.8	15.4	〃	7°22′	19.8	19.7
	15.35	358		〃	3.3	12.7	〃	6°05′	32.6	32.4
	20.50	264		〃	3.0	10.6	〃	5°04′	52.2	52.0

By this experimental result, it is ascertained that in the net which attatched itself to the water-bottom in spite of the sliding of the sinkers, besides the force acting on the sand-bag ropes there is another kind of force acting on the net-foot.

characters of the Net.

11.	12. Sink floater		13. Detached sinker		14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.
Vertical force $R\sin\theta$ Q gr	Number	Buoyancy b gr	Number	Underwater weight d gr	Underwater Buoyancy $B=(b-d)$gr	Lift $(Q-B)=h$ gr	Resultant of R and b a or a'gr	Hydrodynamic force e gr	Direction of Hydrodynamic force ϕ	Horizontal component of e f gr	Horizontal coefficient of R C_P	Vertical coefficient of R C_Q	Coefficient of Lift C_h
0	0		0										
0.67	8	* 3.4	〃	1.4	2.0	−1.33	3.4	2.4	−33°38′	2.0	2.6×10^{-4}	0.9×10^{-4}	1.70×10^{-4}
2.05	〃	* 〃	〃	〃	〃	+0.05	10.6	10.1	0°	10.5	4.2	0.8	0
3.18	〃	* 〃	〃	〃	〃	+1.18	24.9	24.9	+ 2°43′	24.9	6,1	0.8	0.29
3.73	〃	* 〃	〃	〃	〃	+1.73	40.2	40.2	+ 2°28	40.2	8.4	0.8	0.37
0	0		0										
0.77	8	* 3.4	〃	1.4	2.0	−1.23	4.6	3.5	−20°51′	3.5	4.4×10^{-4}	1.0×10^{-4}	1.70×10^{-4}
1.94	〃	* 〃	〃	〃	〃	−0.06	13.6	13.3	0°	13.5	5.6	0.8	0
2.36	〃	* 〃	〃	〃	〃	+0.36	23.8	23.8	+ 0°52′	23.8	5.8	0.6	0.09
2.89	〃	* 〃	〃	〃	〃	+0.89	39.5	39.4	+ 1°18′	39.4	7.7	0.6	0.18
0	0		0										
0.90	8	* 3.4	〃	1.4	2.0	−1.10	5.4	4.5	−15°11′	4.8	6.6×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.60×10^{-4}
1.50	〃	* 〃	〃	〃	〃	−0.50	13.3	12.9	− 2°13′	13.2	5.6	0.7	0.21
1.93	〃	* 〃	〃	〃	〃	−0.07	26.6	26.4	0°	26.6	6.7	0.5	0
2.32	〃	* 〃	〃	〃	〃	+0.32	40.2	40.2	+ 0°27′	40.2	8.6	0.5	0.07
0	0		0										
1.80	7	5.95	〃	1.4	4.55	−2.75	6.5	5.7	−28°52′	5.0	7.6×10^{-4}	2.7×10^{-4}	4.10×10^{-4}
3.50	8	* 6.8	〃	〃	5.4	−1.90	16.6	16.5	−11°01′	16.3	7.2	1.6	0.80
5.10	〃	* 〃	1	2.25	4.55	+0.55	33.9	34.0	+ 0°55′	33.9	8.4	1.2	0.14
5.50	〃	* 〃	〃	〃	〃	+0.95	47.9	47.9	+ 1°08′	47.9	8.7	1.1	0.18
0	0		0										
1.30	7	5.95	〃	1.4	4.55	−3.25	6.3	5.4	−37°01′	4.2	6.2×10^{-4}	1.9×10^{-4}	4.70×10^{-4}
3.40	8	* 6.8	〃	〃	5.4	−2.00	20.0	19 1	− 6°01′	19.7	8.1	1.4	0.78
3.90	〃	* 〃	〃	〃	〃	−1.50	32.4	32.3	− 2°40′	32.4	6.9	0.8	0.32
4.90	〃	* 〃	1	2.25	4 55	+0.35	47.9	47.9	+ 0°23′	47.9	7.0	0.7	0.05
0	0		0										
0.80	5	4.25	〃	1.4	2.85	−2.05	4.9	4.0	−30°50′	3.4	4.4×10^{-4}	1.0×10^{-4}	2.70×10^{-4}
2.60	7	5.95	〃	〃	4.55	−1.95	16.7	16.5	− 6°47′	16.3	6.3	1.0	0.75
3.60	8	* 6.8	1	2.25	〃	−0.95	34.4	34.0	− 1°35′	34.3	7.2	0.8	0.20
3.90	〃	* 〃	1	〃	〃	−0.65	48.1	48.0	− 0°46′	48.1	7.3	0.6	0.10
0	0		0										
1.73	5	4.25	3	2.65	1.6	+0.13	4.5	4.4	+ 1°18′	4.3	5.6×10^{-4}	2.2×10^{-4}	0.13×10^{-4}
4.00	7	5.95	4	3.1	2.85	+1.15	17.8	17.8	+ 3°48′	17.8	6.9	1.6	0.46
5.60	8	* 6.8	5	3.53	3.27	+2.33	34.6	34.1	+ 3°59′	34.6	7.6	1.2	0.52
6.50	〃	* 〃	3	2.65	4.15	+2.35	52.8	52.8	+ 2°33′	52 6	9.1	1.1	0.40
0	0		0										
1.24	5	4.25	3	2.65	1.6	−0.36	4.8	4.5	− 4°36′	4.4	5.9×10^{-4}	1.6×10^{-4}	0.47×10^{-4}
2.60	7	5.95	4	3.1	2.85	−0.25	15.8	15.7	− 0°55′	15.7	6.2	1.1	0.10
4.20	8	* 6.8	6	4.0	〃	+1.35	33.7	33.8	+ 2°18′	33.7	7.6	1.0	0.30
5.20	〃	* 〃	8	5.2	1.6	+3.60	51.8	51.8	+ 3°59′	51.8	9.2	1.0	0.67
0	0		0										
1.13	5	4.25	4	3.1	1.15	0.00	5.7	5.6	0°	5.5	7.8×10^{-4}	1.5×10^{-4}	0
2.60	7	5.95	5	3.53	2.42	+0.18	19.7	19.6	+ 4°58′	19.7	8.3	1.1	0.72×10^{-4}
3.50	8	* 6.8	8	5.2	1.6	+1.90	32.4	32.5	+ 3°32′	32.4	7.7	0.9	0.45
4.60	〃	* 〃	〃	〃	〃	+3.00	52.0	52.0	+ 3°18′	52.0	9.4	0.9	0.36

Name and characteristics of Net	1. V cm/sec	2. $S_0(1-kV)$	3. k	4. D cm	5. H_0 cm	6. H cm	7. l cm	8. θ	9. R gr	10. P gr
Flat-Net A	0.0	630	0·04	30.0	0.0	28.8	60.0	28°41′	0	0
	5.12	502		〃	〃	27.3	〃	27°04′	6.9	6.2
	10.25	373		〃	〃	21.9	〃	21°04′	11.1	10.3
	15.35	245		〃	〃	15.8	〃	15°16′	13.9	13.3
B=3.4 gr	20.50	115		〃	〃	10.8	〃	10°22′	25.0	24.6
W=6.8 gr	0.0	599	0.04	30.0	0.0	28.2	90.0	18°16′	0	0
	5.12	474		〃	〃	27.3	〃	17°39′	7.0	6.7
	10.25	349		〃	〃	23.9	〃	15°26′	10.1	9.8
	15.35	225		〃	〃	16.1	〃	10°18′	15.6	15.35
B^*/W=0.5	20.50	100		〃	〃	12.6	〃	8°03′	24.5	24.24
30 cm×30 cm	0.0	610	0.04	30.0	0.0	27.9	120.0	13°27′	0	0
	5.12	487		〃	〃	27.0	〃	13° 0′	3.8	3.7
	10.25	363		〃	〃	24.0	〃	11°33′	7.2	7 0
	15.35	240		〃	〃	17.0	〃	8°09′	14.1	14.0
	20.50	117		〃	〃	13.6	〃	6°30′	22.3	22.2
Flat-Net B	0.0	660	0.04	30.0	0.0	27.5	60.0	27°17′	0	0
	5.12	523		〃	〃	27.2	〃	26°58′	6.3	5.62
	10.25	387		〃	〃	24.7	〃	24°19′	12.5	11.4
	15.35	250		〃	〃	18.4	〃	17°51′	22.3	21.2
B=6.8 gr	20.50	113		〃	1.0	14.4	〃	13°53′	32.8	31.7
W=6.8 gr	0.0	664	0.04	30.0	0.0	27.5	90.0	17°47′	0	0
	5.12	528		〃	〃	27.2	〃	17°36′	4.7	4.3
	10.25	391		〃	〃	24.9	〃	16°04′	8.8	8.4
	15.35	256		〃	0.1	20.6	〃	13°14′	17.6	17.1
B^*/W=1.0	20.50	118		〃	0.3	16.3	〃	10°26′	28.3	27.8
30 cm×30 cm	0.0	696	0.04	30.0	0.0	27.3	120.0	13°09′	0	0
	5.12	547		〃	〃	27.0	〃	13° 0′	2.1	2.05
	10.25	398		〃	〃	25.0	〃	12°13′	6.3	6.2
	15.35	250		〃	0.4	21.1	〃	10°08′	15.3	15.3
	20.50	100		〃	0.2	17.5	〃	8°23′	24.8	24.4
Flat-Net C	0.0	627	0.044	30.0	0.0	28.0	60.0	27°49′	0	0
	5.12	486		〃	〃	27.5	〃	27°17′	7.4	6.6
	10.25	345		〃	0.8	24.8	〃	24°25′	14.5	13.2
	15.35	205		〃	4.1	21.1	〃	20°35′	21.1	19.8
B=6.8 gr	20.50	64		〃	4.6	17.0	〃	16°28′	27.6	26.4
W=3.4 gr	0.0	639	0.043	30.0	0.0	27.8	90.0	17°59′	0	0
	5.12	499		〃	〃	27.7	〃	17°55′	7.5	6.8
	10.25	358		〃	1.4	25.2	〃	16°15′	14.4	13.8
	15.35	219		〃	7.3	23.9	〃	15°24′	20.9	19.8
B^*/W=2.0	20.50	78		〃	9.4	22.3	〃	14°21′	26.8	25.9
30 cm×30 cm	0.0	648	0.044	30.0	0.0	27.7	120.0	13°21′	0	0
	5.12	503		〃	〃	25.6	〃	12°19′	6.6	6.4
	10.25	358		〃	1.7	25.6	〃	12°19′	12.8	12.0
	15.35	213		〃	7.0	24.4	〃	11°44′	19.9	19.5
	20.50	67		〃	10.8	23.6	〃	11°20′	27.0	26.4

Mark * Shows the occasion when the whole buoys of net were sunken

IV. Discussion of the Experimental Result.

(1) On the coefficient of deformation k

Now, when the current velocity varies, the net-deformation, as shown in Fg. 3 and 4, varies too. And then let the projected-area before the deformation be S_0 and that under a given velocity V be S, and assuming that the relationship between the current

11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.
Q gr	b gr	d gr	$B=(b-d)$	$(Q-B)=h$	a or a' gr	e gr	ϕ	f gr	C_f	C_Q	C_h
0	0 0	0									
3.18	3 1.14	〃	0.35	0.8	+ 2.38	6.4	6.4	+21°50′	6.2	9.4×10^{-4}	4.8×10^{-4}	3.60×10^{-4}
4.05	9 * 3.4	〃	〃	3.05	+ 1.00	10.3	10.3	+ 5°34′	10.3	5.3	2.1	0.50
4.02	〃 * 〃	〃	〃	〃	+ 0.97	13.4	13.4	+ 4°09′	13.4	4.5	1.3	0.34
4.50	〃 * 〃	〃	〃	〃	+ 1.45	24.6	24.6	+ 3°23′	24.6	10.1	1.9	0.60
0	0 0	0									
2.13	3 1.14	〃	0.35	0.8	+ 1.34	6.7	6.7	+11°32′	6.7	10.7×10^{-4}	3.4×10^{-4}	2.15×10^{-4}
2.63	9 * 3.4	〃	〃	3.05	− 0.42	9.8	9.8	− 2°27′	9.8	5.3	1.5	0.23
2.82	〃 * 〃	〃	〃	〃	− 0.23	15.3	15.3	− 0°52′	15.3	5.8	1.1	0.08
3.39	〃 * 〃	〃	〃	〃	+ 0.34	24.3	24.3	+ 0°48′	24.3	11.6	1.6	0.16
0	0 0	0									
0.86	3 1.14	〃	0.35	0.8	+ 0.06	3.7	3.7	+ 0°56′	3.7	5.8×10^{-4}	1.4×10^{-4}	0.16×10^{-4}
1.42	9 * 3.4	〃	〃	3.05	− 1.63	7.3	7.3	−12°53′	7.1	3.7	0.5	0.85
1.96	〃 * 〃	〃	〃	〃	− 1.09	14.0	14.0	− 4°29′	14.0	4.9	1.1	0.38
2.50	〃 * 〃	〃	〃	〃	− 0.55	22.2	22.2	− 1°25′	22.2	9.1	1.0	0.23
0	0 0	0									
2.86	3 2.28		0.35	1.93	+ 0.93	5.6	5.6	+ 9°33′	5.6	8.2×10^{-4}	4.2×10^{-4}	1.40×10^{-4}
5.14	7 5.3	〃	〃	4.95	+ 0.19	11.4	11.4	+ 0°57′	11.4	5.6	2.5	0.10
6.90	9 * 6.8	〃	〃	6.45	+ 0.45	21.2	21.2	+ 1°13′	21.2	7.2	2.3	0.15
7.90	〃 * 〃	〃	〃	5.69	+ 2.21	31.9	31.9	+ 3°58′	31.8	13.3	3.3	0.90
0	0 0	0									
1.42	3 2.28	〃	0.35	1.93	− 0.51	4.5	4.5	− 6°30′	4.4	6.2×10^{-4}	1.9×10^{-4}	0.74×10^{-4}
2.40	7 5.3	〃	〃	4.95	− 2.25	8.9	8.9	−16°19′	8.4	4.1	1.2	1.20
4.00	9 * 6.8	1	1.11	5.69	− 1.69	17.2	17.2	− 5°38′	17.1	5.7	1.3	0.56
5.10	〃 * 〃	2	1.85	4.95	+ 0.15	27.8	27.7	+ 0°19′	27.6	11.2	2.0	0.06
0	0 0	0									
0.47	3 2.28	〃	0.35	1.93	− 1.46	2.7	2.7	−32°41′	2.0	2.9×10^{-4}	0.7×10^{-4}	2.00×10^{-4}
1.34	7 5.3	〃	〃	4.95	− 3.61	7.3	7.3	−29°40′	6.2	3.0	0.6	1.70
2.74	9 * 6.3	2	1.85	〃	− 2.21	15.5	15.5	− 8°12′	15.3	5.2	0.9	0.75
3.60	〃 * 〃	4	3.35	3.45	+ 0.15	24.5	24.5	+ 3°30′	24.5	11.6	1.7	0.07
0	0 0	0									
3.40	3 2.28	〃	0.35	1.93	+ 1.47	6.7	6.7	+12°40′	6.6	10.4×10^{-4}	5.2×10^{-4}	2.30×10^{-4}
6.06	9 * 6.8	9	3.75	3.05	+ 3.01	13.0	13.2	+13°07′	13.0	7 3	3.3	1.60
7.50	〃 * 〃	〃	〃	〃	+ 4.45	19.6	20.1	+12°46′	19.6	8.2	3.1	1.80
7.90	〃 * 〃	〃	〃	〃	+ 4.85	26.5	26.8	+10°26′	26.5	19.7	5.9	3.60
0	0 0	0									
2.30	3 2.28	〃	0.35	1.93	+ 0.37	7.1	7.1	+ 2°59′	7.1	10.4×10^{-4}	3.4×10^{-4}	0.56×10^{-4}
4.04	7 5.3	9	3.75	1.55	+ 2.49	13.9	13.9	+10°19′	13.8	7.3	2.1	1.30
5.56	8 6.1	〃	〃	2.35	+ 3.21	20.0	20.0	+ 9°12′	19.9	7.7	2.2	1.25
6.70	9 6.8	〃	〃	3.05	+ 3.65	26.0	26.0	+ 6°33′	25.9	15.8	4.1	2.23
0	0 0	0									
1.40	3 2.28	〃	0.35	1.93	− 0.53	6.5	6.6	− 4°36′	6.5	9.7×10^{-4}	2.3×10^{-4}	0.81×10^{-4}
2.70	5 3.8	9	3.75	0.05	+ 2.65	21.7	12.7	12°02′	12.5	6.4	1.4	1.40
4.05	7 5.3	〃	〃	1.55	+ 2.50	19.8	19.7	− 7°18′	19.6	7.8	1.6	1.00
5.30	〃 〃	〃	〃	〃	+ 3.75	26.5	26.7	+ 8°03′	26.5	18.7	3.8	2.66

under the water.

velocity and the projected-area of the deformation varies linealy, the equation is obtained,

$$S=S_0(1-kV) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(a)$$

The coefficient of deformation k is calculated from the experimental data. Then the results, or k concerning each net are shown in Table II and III. Fig. 8 and 9 are representative ones.

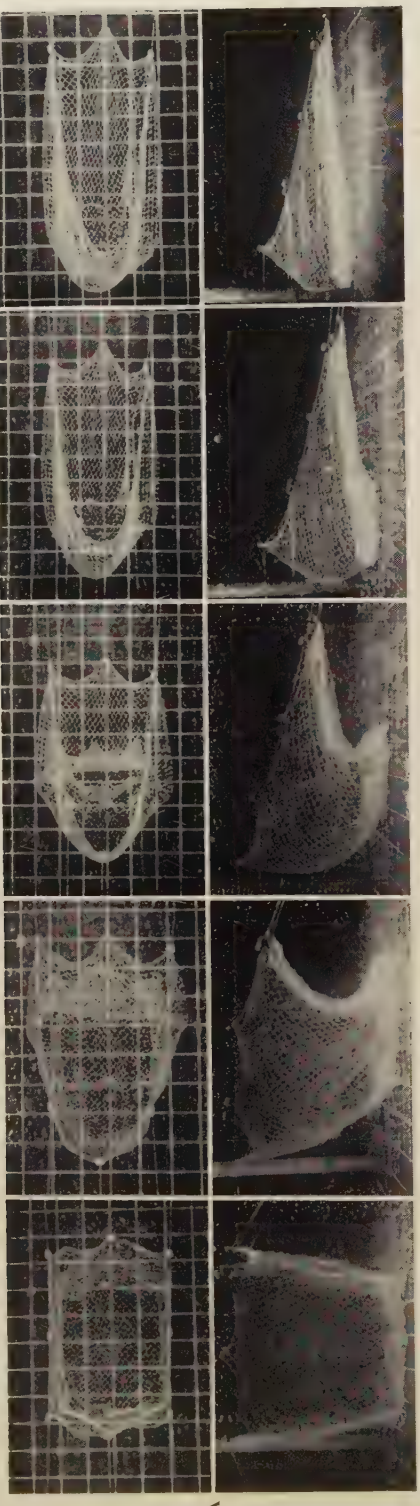


Fig. 4-a.

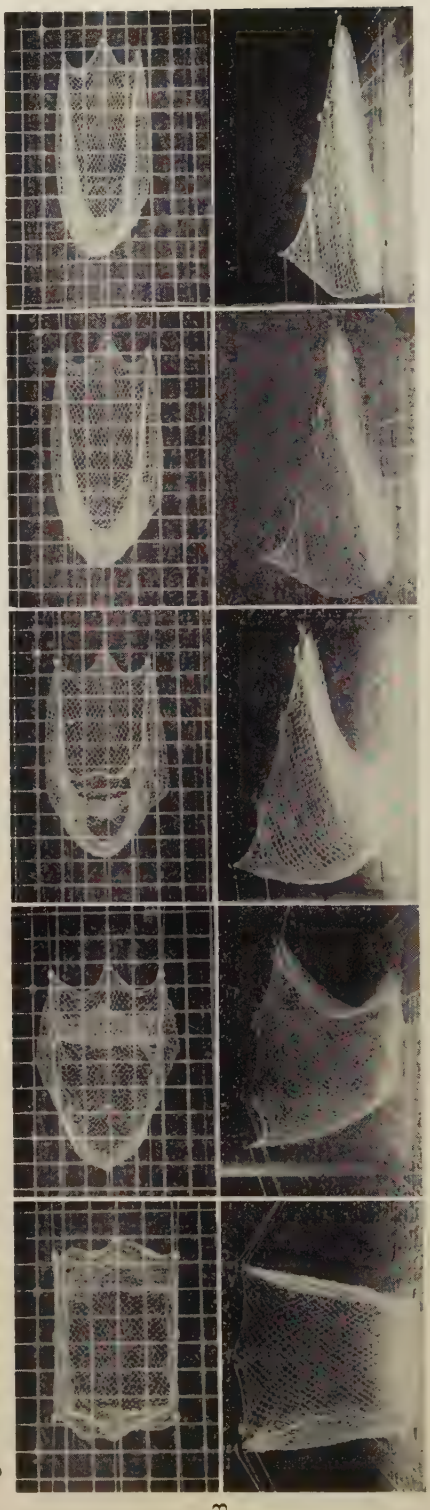


Fig. 4-a.

Fig. 4-a.

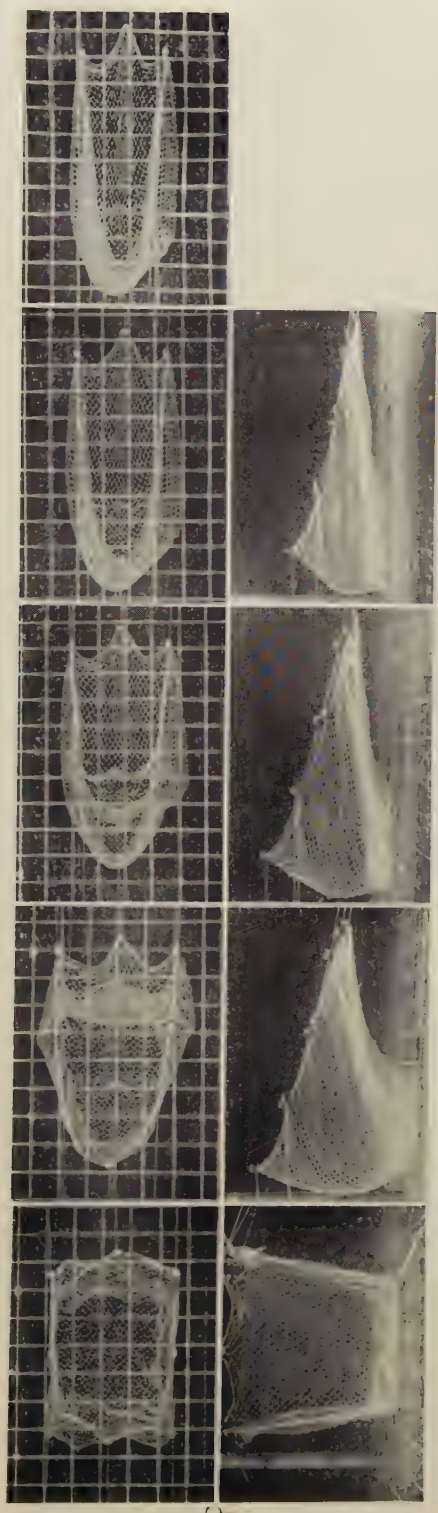


Fig. 4-a. Deformation of Square-Net characterized by the Current velocity (cm/sec). $B/W=1/2$, Depth=30 cm, Length of sand-bag rope of Net, A=60 cm. that of B=90 cm. that of C=120 cm.

Fig. 4-b. 0.0 cm/sec 5.1 cm/sec. 10.2 cm/sec. 15.3 cm/sec. 20.5 cm/sec.

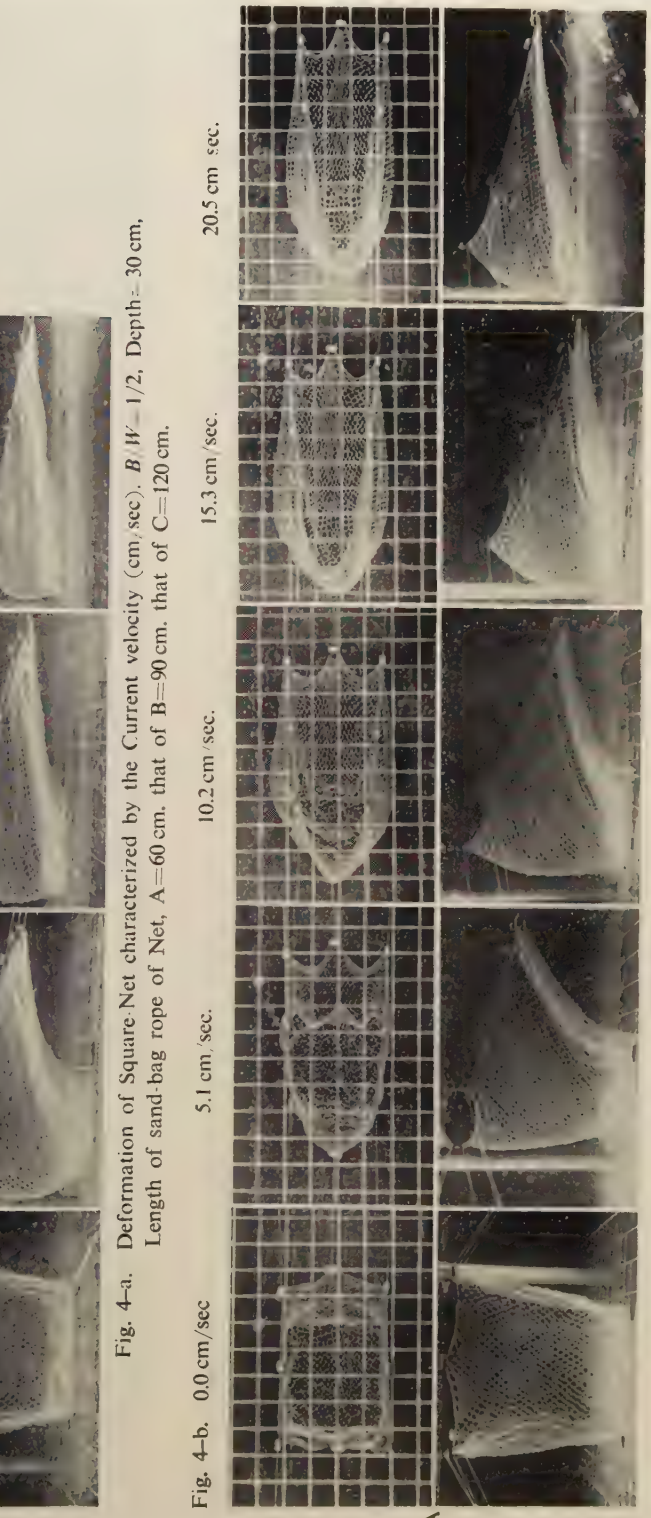


Fig. 4-b.

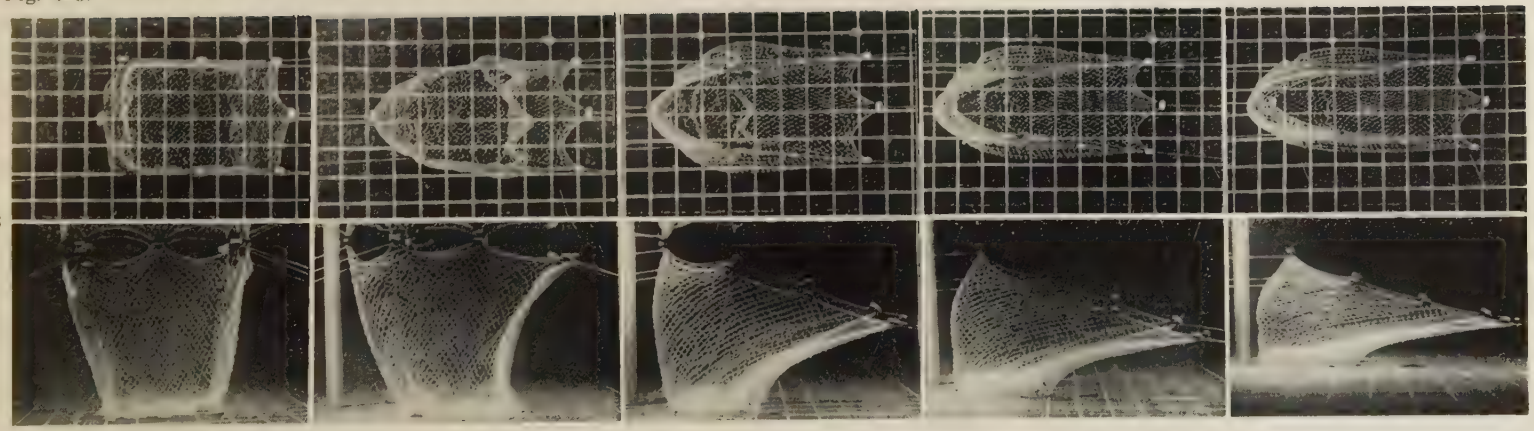


Fig. 4-b.

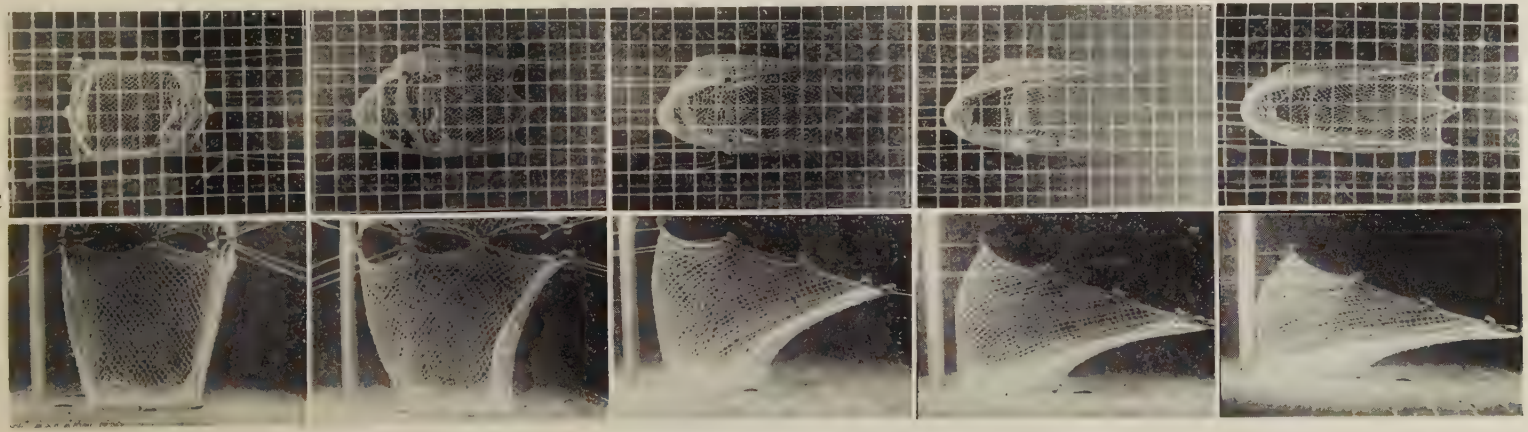


Fig. 4-b. Deformation of Square-Net characterized by the Current velocity (cm/sec). B/W=1/1, Depth=30cm, Length of sand-bag rope of Net, A=60 cm. that of B=90 cm. that of C=120 cm.

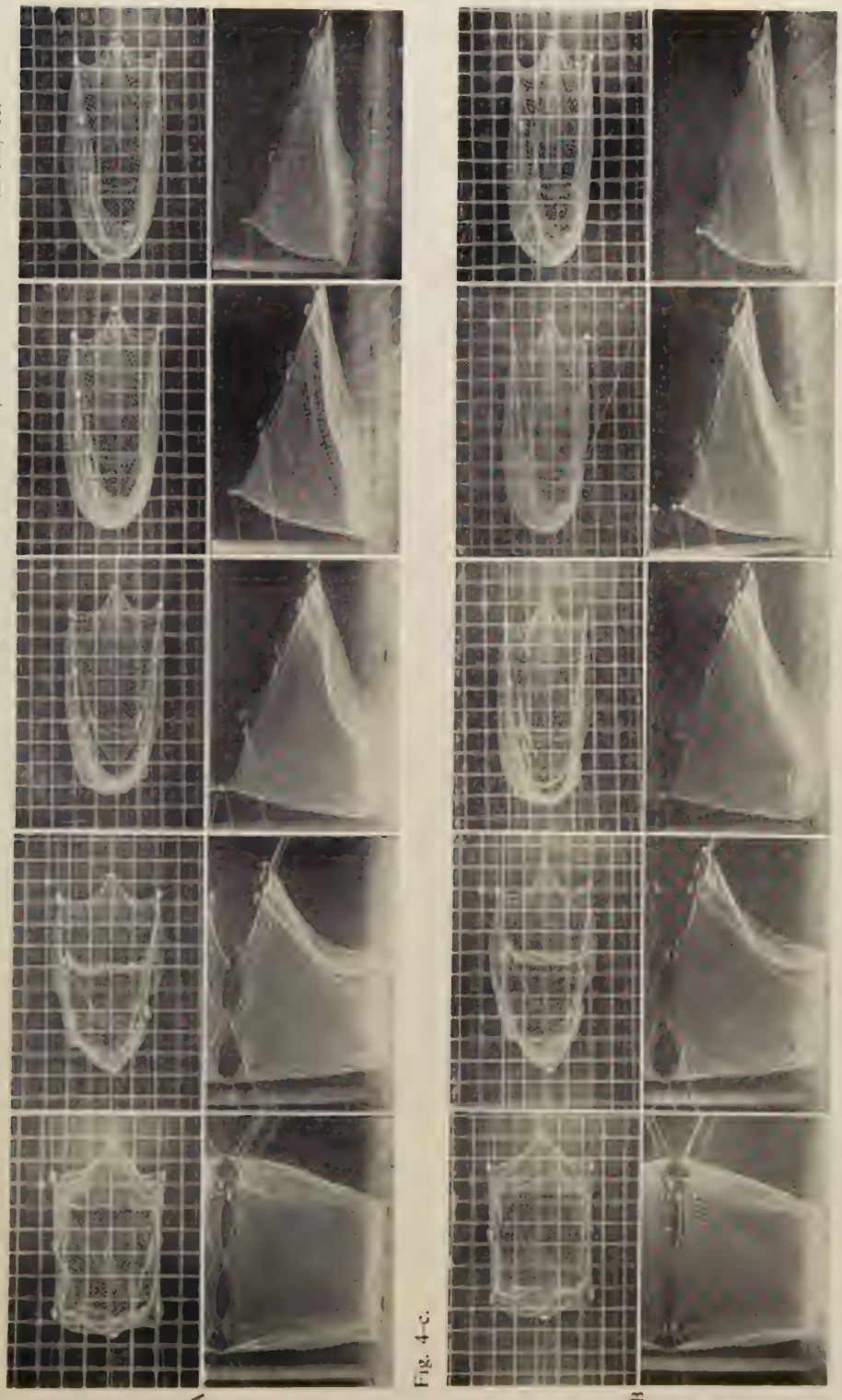


Fig. 4-c.

Fig. 4–c.

C

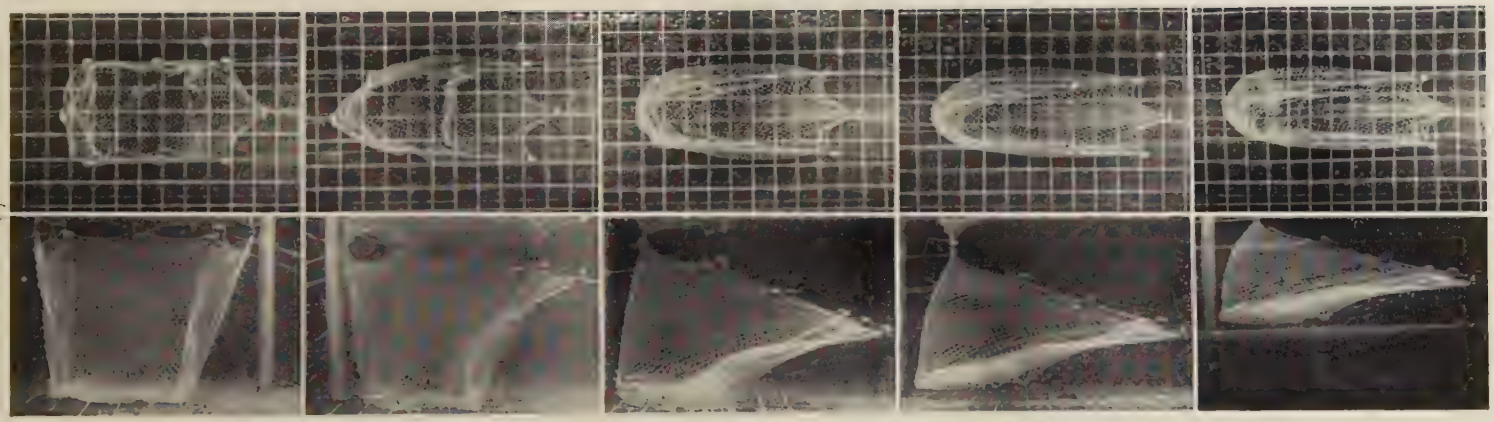


Fig. 4–c. Deformation of Square-Net characterized by the Current velocity (cm/sec). B/W=2/1, Depth=30 cm, Length of sand-bag rope of Net, A=60 cm, that of B=90 cm, that of C=120 cm.

Fig. 5–a. 0.0 cm/sec. 5.1 cm/sec. 10.2 cm/sec. 15.3 cm/sec. 20.5 cm/sec.

A

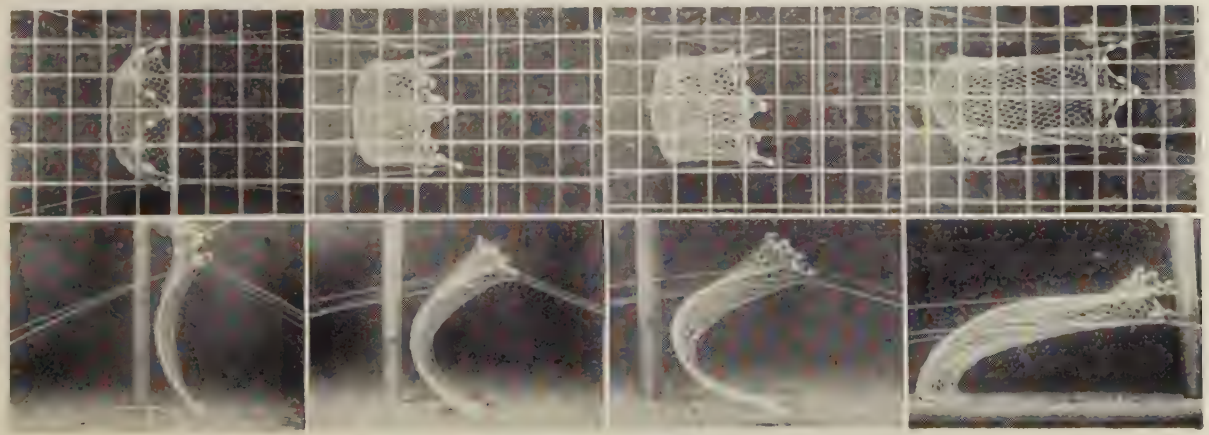


Fig. 5-a.

B

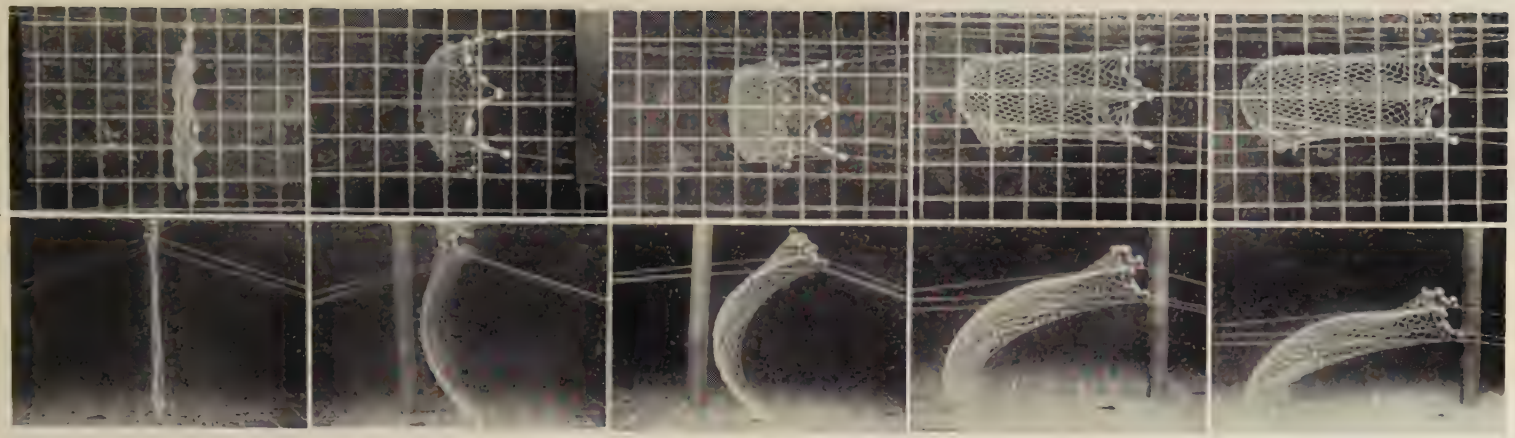


Fig 5-a.

C

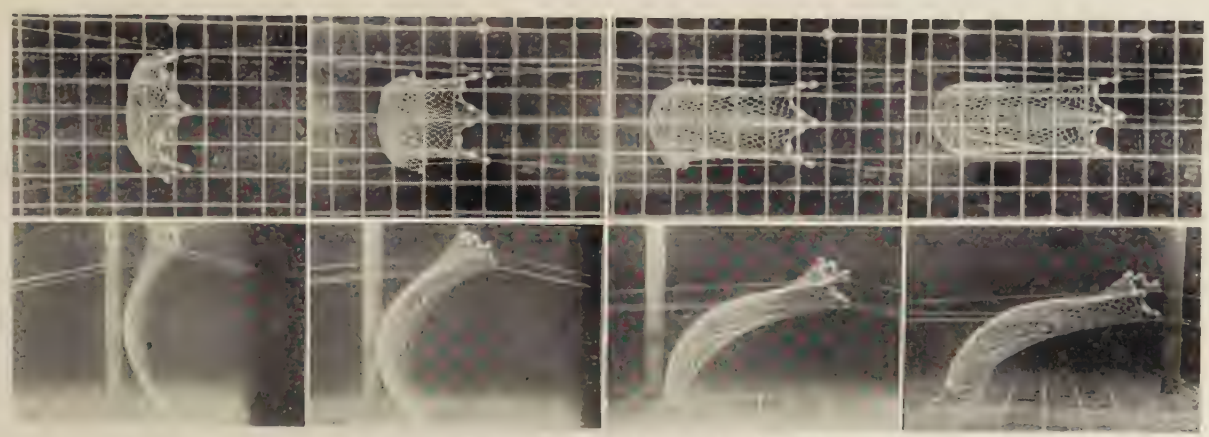


Fig. 5-a. Deformation of Flat-Net characterized by the Current velocity (cm/sec), B/W 1/2, Depth 30 cm. Length of sand-bag rope of Net, A 60 cm. that of B=90 cm. that of C=120 cm.

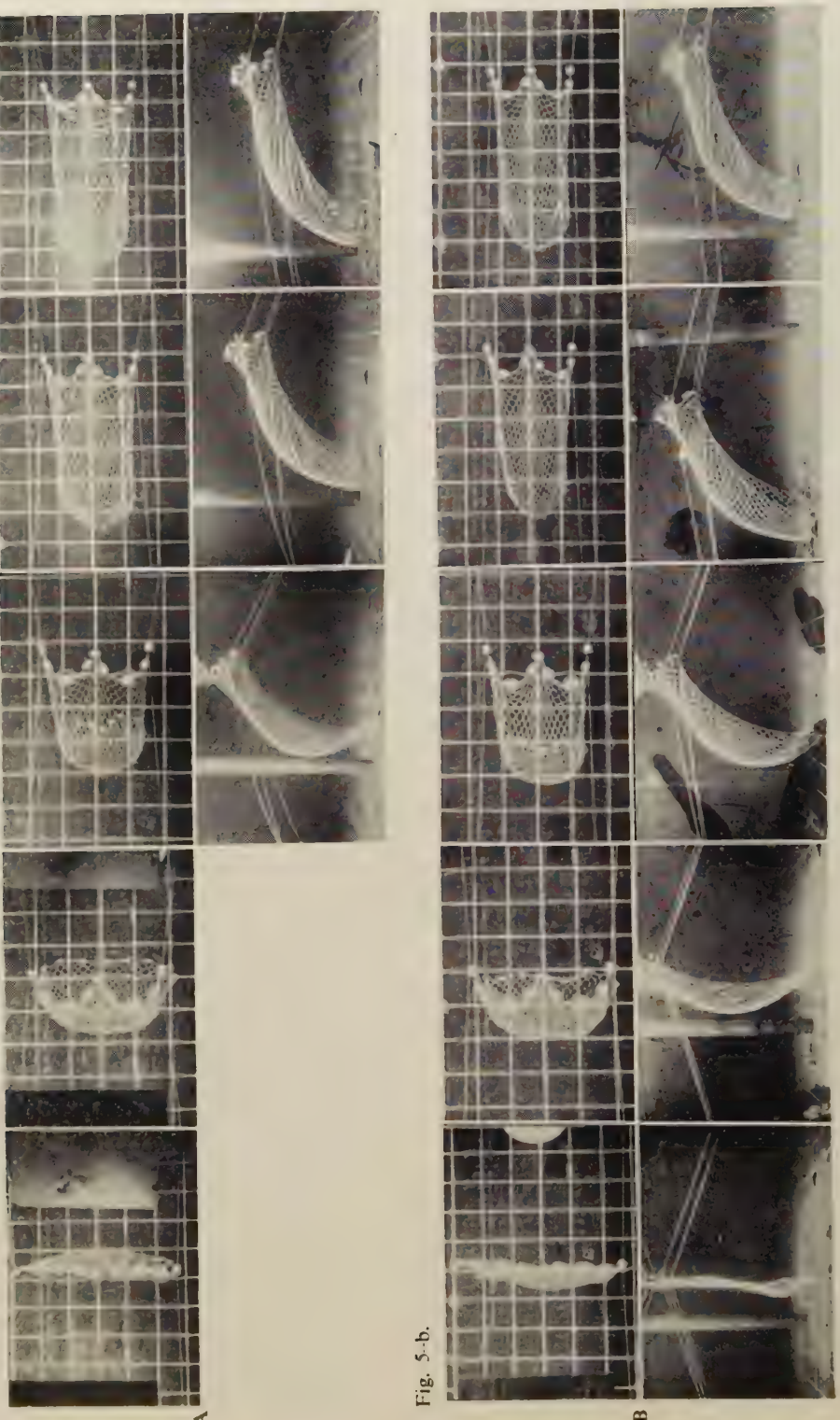


Fig. 5-b.

Fig. 5-b.

Fig. 5-b.

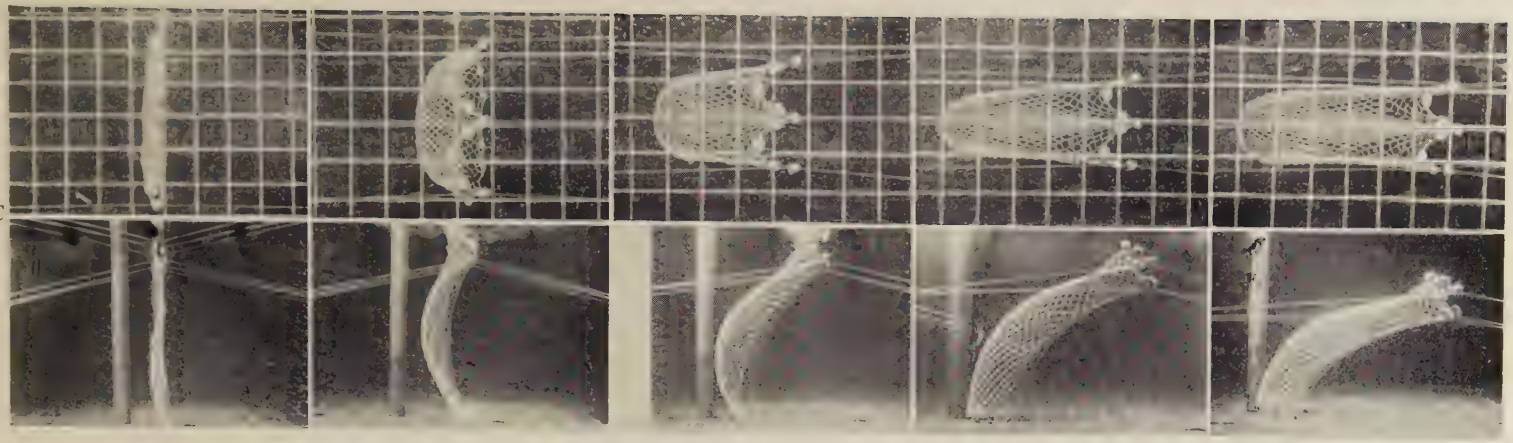


Fig. 5-b. Deformation of Flat-Net characterized by the Current velocity (cm/sec). B/W 1/1, Depth 30 cm, Length of sand-bag rope of Net, A=60 cm. that of B=90 cm. that of C=120 cm.

Fig. 5-c. 0.0 cm/sec. 5.1 cm/sec. 10.2 cm/sec. 15.3 cm/sec. 20.5 cm/sec.

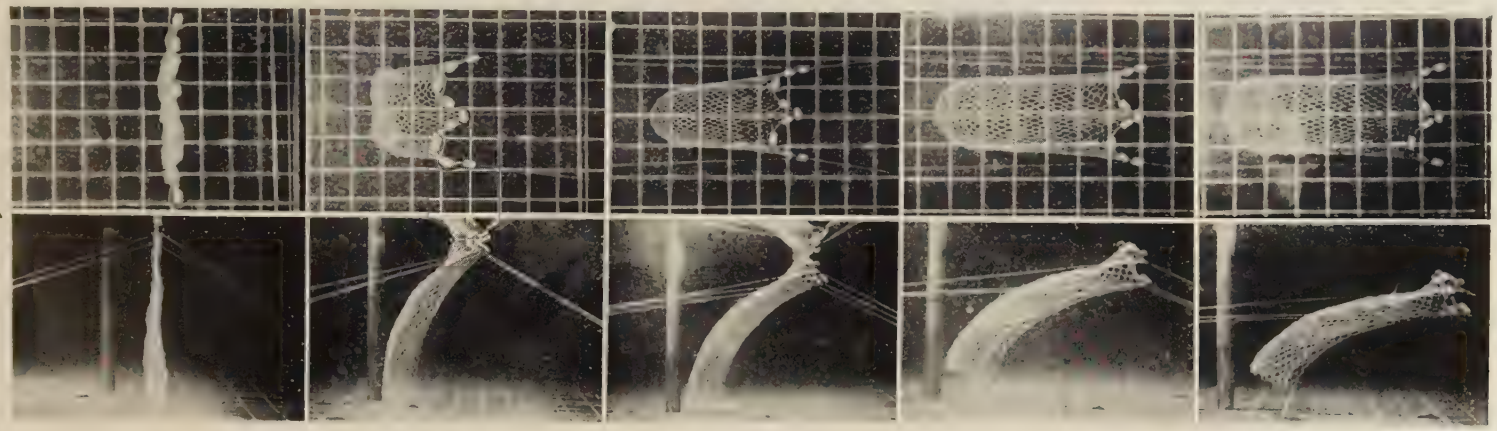


Fig. 5–c.

B

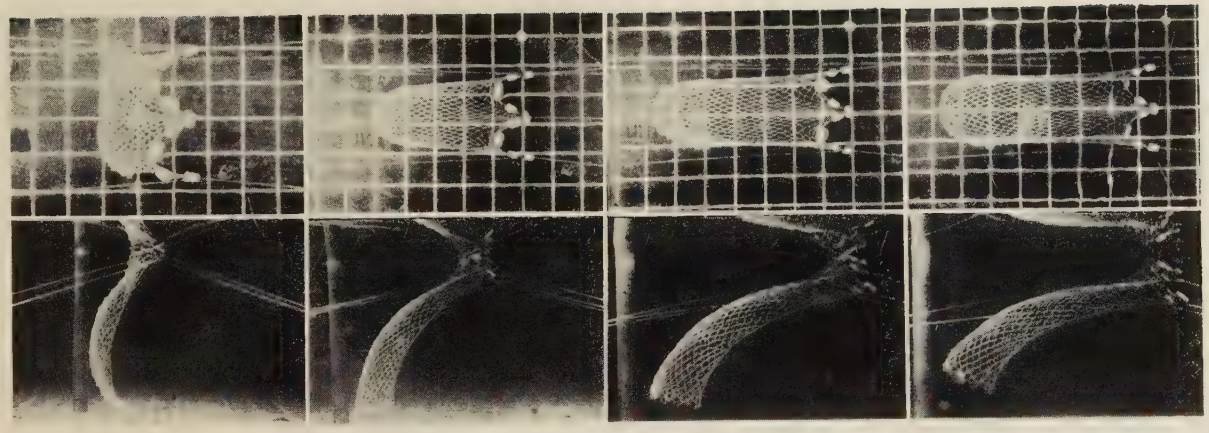


Fig. 5–c.

C

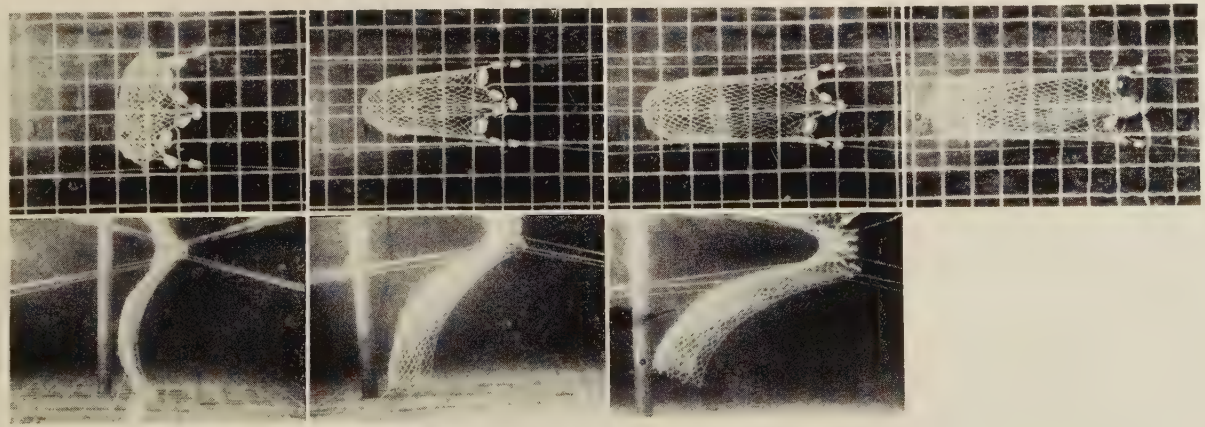


Fig. 5–c. Deformation of Flat-Net characterized by the Current velocity (cm/sec). B/W=2/1, Depth=30 cm, Length of sand-bag rope of Net, A=60 cm. that of B=90 cm. that of C =120 cm.

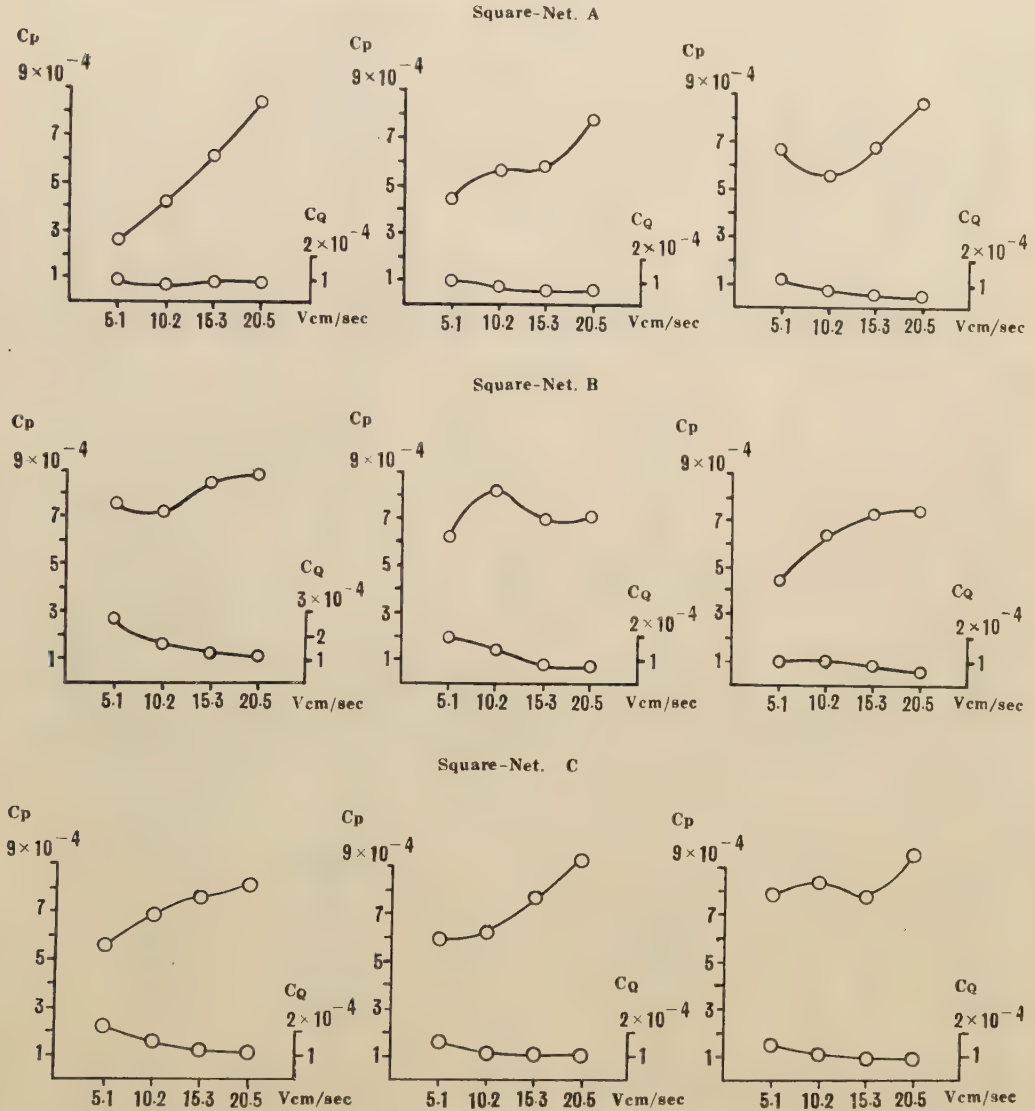


Fig. 6-a. C_P and C_Q of the Square-Net.

The value of this k was investigated in order to fix some corelationship with each net-construction. It was ascertained that even in the same net the change in the current-receiving direction, and the range in the floating and sinking force of the floaters and sinkers have some effects on the variation of k (Refer, each Net in Table II).

In short, in the same net, k is constant in spite of the variation in the current velocity V. But in the case when net-shape changes in accordance with the current direction, k as deformation coefficient changes also.

The experiments show that, even if the direction in which the net is brought to confront to the running water-current changes, k is within the range of 0.01～0.09.

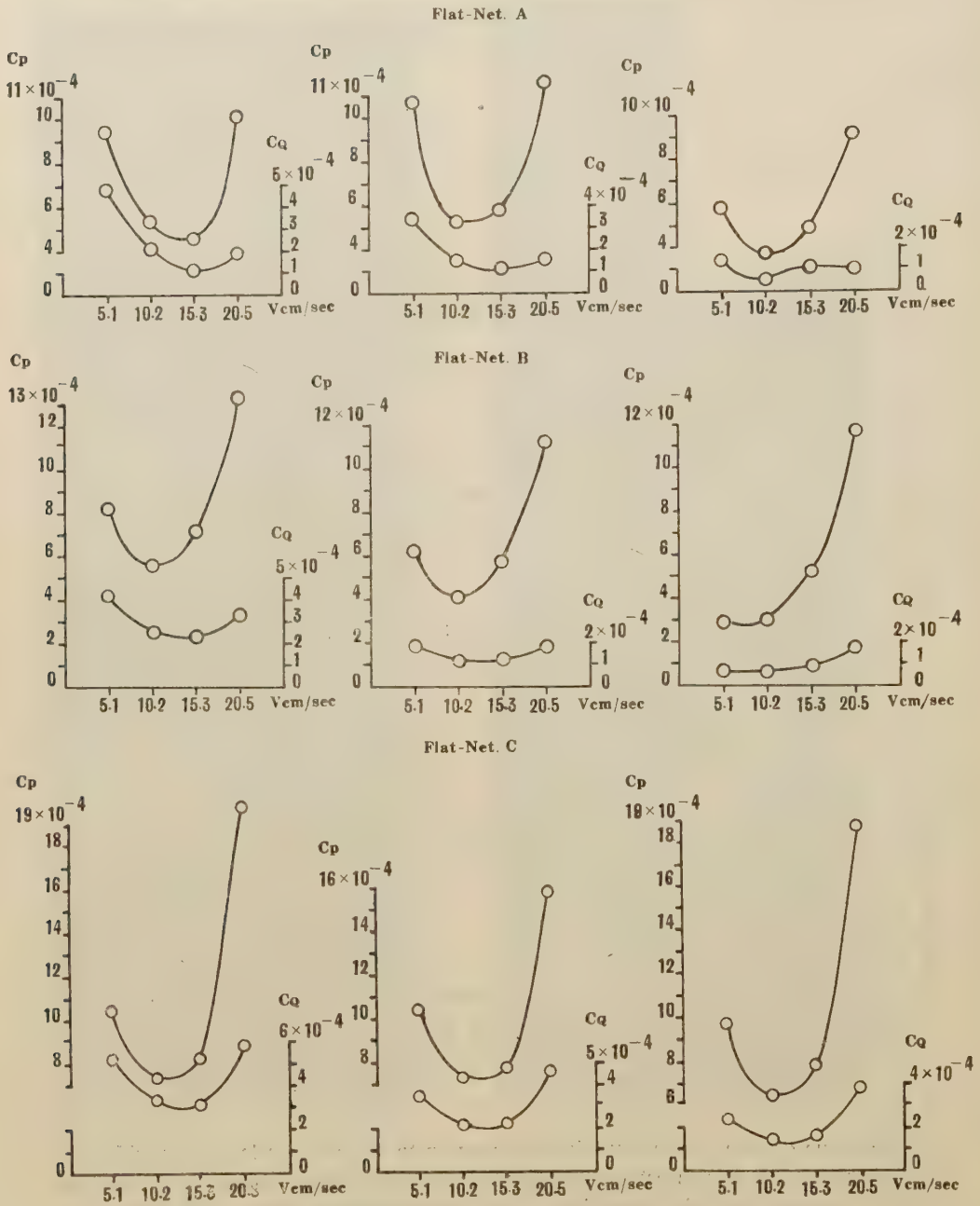


Fig. 6–b. C_P and C_Q of the Flat-Net.

According to the frequency distribution, as shown in Table V, both in 0.035 and in 0.025 the frequency remains the same, in 0.045 comes the next one. Therefore, the range of k is about 0.025～0.045, (provided that the current velocity is in or less than 18.0 cm/sec) and the mean value of k is determined to be 0.037.

Table IV. Dragging force to the Sinker-site.

Characteristics of Flat-Net	Velocity cm/sec	Force acting on the sand-bag rope gr	Force acting on the sinker-site R'			Vertical distance of buoy-site from the bottom H cm	$\sin^{-1}\left(\frac{H}{l}\right)$	Condition
			Left gr	Right gr	Total gr			
Buoyancy 3.4 gr	5.1	5.5	2.5	2.0	4.5	21.8	22° 0′	3 floaters sink completely, 6 floaters sink under water partially.
Under-water-weight 6.8 gr	10.2	13.5	2.5	2.0	4.5	16.5	17° 0′	All of the floaters sink completely under water. Sinkers remain attatched to the bottom.
Height of Net 28.0 cm	15.3	23.5	3.5	2.0	5.5	11.5	11°30′	Ibid.
Depth 22.5 cm								
Length of sand-bag rope	20.5	31.0	4.5	1.0	5.5	9.0	9°15′	Sinkers are about to float.
l=56.0 cm	25.6	52.5	6.8	0.0	6.8	7.0	7°30′	Sinkers begin to lift and lower themselves.
Buoyancy 6.8 gr	10.2	13.0	2.0	3.5	5.5	20.0	21°	
Under-water-weight 6.8 gr								
Height of Net 28.0 cm	15.3	26.0	3.0	2.8	5.8	16.5	17°	All the sinkers begin to lift, leaving only one sinker on the left side attatched to the bottom.
Depth 28.0 cm								
Length of sand-bag rope	20.5	32.0	3.0	2.8	5.8	13.0	13°	All the sinkers, especially those on the right side begin to lift.
l=56.0 cm	25.6	40.0	6.0	2.8	8.8	11.0	11°	Ibid.

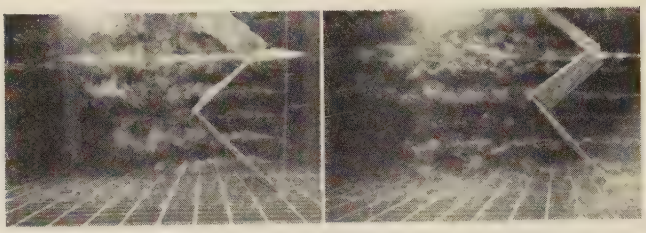
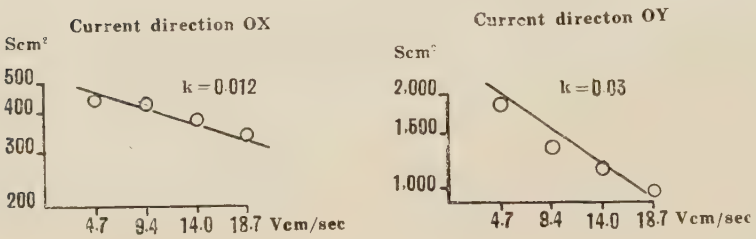
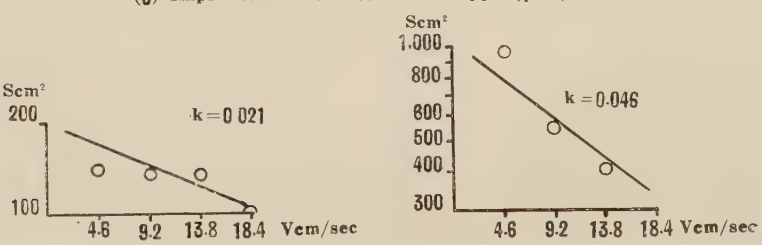


Fig. 7. Current through the Net.

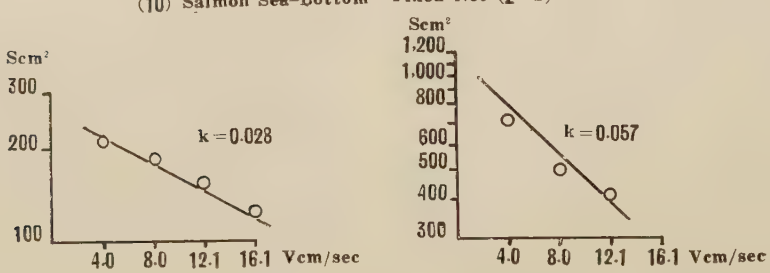
(1) Soko-Hisago-Ami. (1−a)



(3) Improved Salmon Set-Net. B-Type (1−a)



(10) Salmon Sea-Bottom Fixed-Net (2−b)



(11) Yellow-tail Sea-Bottom Fixed-Net (2−b)

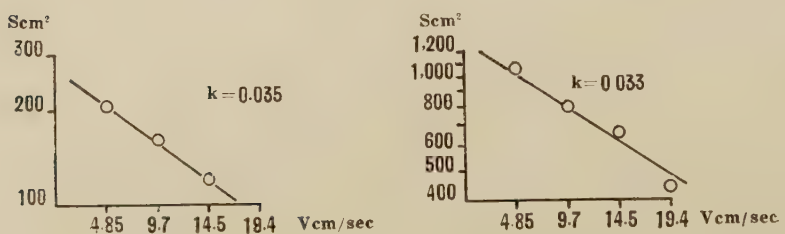


Fig. 8. The coefficient of deformation k.

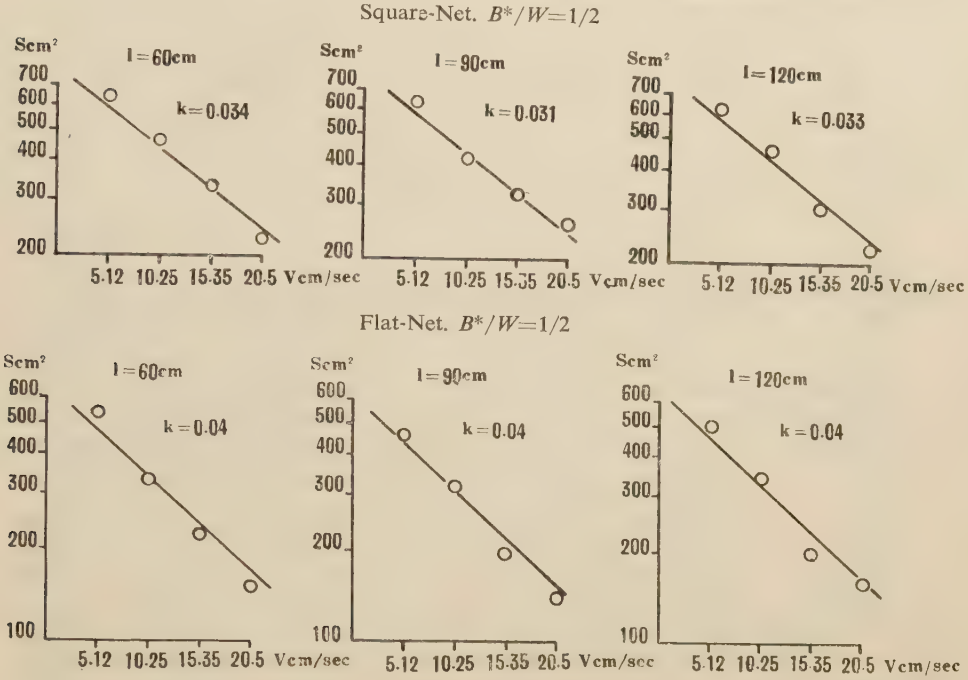


Fig. 9. The coefficient of deformation k.

(2) On the resistance coming from other factors than deformation

If the coefficient of deformation k in the fixed-net is defined as in the above mentioned paragraph, we get the general equation on the resistance

$$R=\frac{\rho}{2}S_0(1-kV)\,V^2\Phi(Re,\ Fr,\ D/L) \cdots\cdots\cdots\cdots\text{(b)}$$

As mentioned in Fig. 3, 4 and 5, the experimental result shows that net deformation and resistance are caused by the variation in the current-velocity. Besides the net itself, to the net-construction there are many accessaries attatched; floater, sinker, sand-bag ropes, and others, and the whole construction is fixed to the water-bottom by the sand-ropes tied with sand-bags. Accordingly, besides the net-deformation, such accessaries as mentioned above and each combination of these factors, also bring about the resistance. Then it is quite natural to assume that in the equation (b), $(1-kV)$ is, as shown in formula (a), the element working upon the net-deformation as a whole. And $\Phi\,(Re,\ Fr,\ D/L)$ is the factor which is to be derived from other factors than the deformation. Therefore, in case of the fixed-net, and when the current velocity V lies within 18.0 cm/sec, the author considers that $\Phi\,(Re,\ Fr,\ D/L)=C$ (const.) is properly expressed; and then the current resistance comes to be expressed in the following equation

$$R=C\frac{\rho}{2}S_0\,(1-kV)\,V^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\text{(b')}$$

In the model experiment, as shown in Table II, III, the resistance acting on the whole net-body R is counted from the sum of the tension upon each sand-bag rope.

Then after resolving the resistance into the horizontal component $P=R\cos\theta$ and the vertical component $Q=R\sin\theta$, the coefficient of these two component C_P and C_Q were counted. Of course, between these P, Q, C_P and C_Q, the following relationship is to exist.

Table V. Frequency distribution of k

Coefficient of deformation k	Middle value	Square-Net	Flat-Net	Current direction / Characteristics of Net	At parallel to long axis ox	At parallel to long axis $-ox$	At right angle oy	Frequency
0.00 — 0.01	0.005			1—a	(3.6)			1
0.01 — 0.02	0.015			1—a	(4.2) 〔5.6〕	(2.9)		2.5
0.02 — 0.03	0.025	(1.0) (1.0) (1.0) 〔2.0〕〔2.0〕〔2.0〕		1—a 1—b 2—b	(1.3) 〔5.6〕 (2.9) (0.8) (0.5)	(3.6)	(4.2)	10.5
0.03 — 0.04	0.035	(0.5) (0.5) (0.5) 〔2.0〕〔2.0〕〔2.0〕	〔0.5〕〔0.5〕〔0.5〕 〔1.0〕〔1.0〕	1—a 2—b	(0.8)	(5.6)	(4.2) (0.8)	10.5
0.04 — 0.05	0.045		〔0.5〕〔0.5〕〔0.5〕 〔1.0〕〔1.0〕〔1.0〕 (2.0) (2.0) (2.0)	1—a 2—b	(6.5)		(1.3) (0.8)	9.5
0.05 — 0.06	0.055			1—a 2—b	(6.5) (4.2)	〔6.5〕	(0.5)	3.5
0.06 — 0.07	0.065			1—a		〔6.5〕〔5.6〕		1
0.07 — 0.08	0.075			1—a		〔5.6〕		0.5
0.08 — 0.09	0.085			1—a		(4.2)		1
							Total	40.0

Note : Numerals in round brackets ( ) the show, Value of Buoyancy/Under-water-weight; its frequency being 1 time and those in crotchets 〔 〕 show, the same one; its frequency being ½ time.

Horizontal force $P=\frac{\rho}{2}S_0(1-kV)V^2C_P$

Coefficient of the horizontal force $C_P=\frac{P}{(\frac{1}{2}\rho SV^2)}$

Vertical force $Q=\frac{\rho}{2}S_0(1-kV)V^2C_Q$

Coefficient of the vertical force $C_Q=\frac{Q}{(\frac{1}{2}\rho SV^2)}$

Coefficient of the force $C=(C_P^2+C_Q^2)^{1/2}$ .....(c)

Now, according to the experiment the resistance coefficient C_P and C_Q as shown, in Table II and III, are in the range $1.0\times10^{-4}\sim21.0\times10^{-4}$ and $0.5\times10^{-4}\sim9.5\times10^{-4}$ respectively.

Although, even in the same net, these resistance coefficients are different in each current velocity, such variations as mentioned above are considered small enough to be neglected, and so, after counting the mean value fixed at each different current velocity, the results shown in Table VI and Fig. 10 are obtained.

Table VI. Average value of C_P, C_Q, and C

Vcm/sec	C_P	C_Q	C
5.1	5.9×10^{-4}	1.9×10^{-4}	6.3×10^{-4}
10.2	4.9	1 7	6.6
15.3	5.8	1.3	5.9
20.5	7.6	2.7	10.4

Now, C in the above Table is the coefficient coming from the factors except the deformation of the net, and it is regarded to be nearly constant under the current velocity below about 18.0 cm/sec. And C is almost equal to C_P. In case of C_Q, as to be discussed later, as the buoyancy of the floater is involved in the vertical force, C_Q is not the lift-coefficient treated in the hydrodynamics.

Hence, by using $R=C\frac{\rho}{2}S_0(1-kV)V^2$, the approximate value of the current resistance of any fixed-net at the given current velocity is to be counted easily.

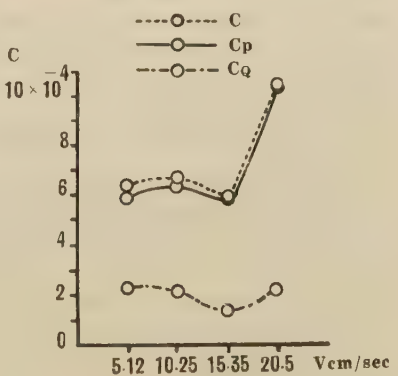


Fig. 10. Average value of C, C_P and C_Q.

(3) Floating-and-sinking-phenomenon of the Sinker

Now, Q is the vertical component of the force to the sand-bag rope, and B the force got by reducing the weight of the sinker and the net in water from the buoyancy of the floater under water.

As to the relationship between Q and B there are two cases, viz. the one when Q is smaller than B, and the other when Q is larger than B. As to the former, at the section b, in the 12th line of Table III, it is denoted with *; $(Q-B)$ in the 15 th line is negative.

The cause of such a phenomenon as this is assumed to be due to the deformation

of the net-construction under the running water, and the following considerations are made from the above experimental results: first, concerning the resistance of one flat-net held by the sand-bag rope in the running water, in case of the net whose net-foot detatches itself completely from the water-bottom, the relationship between the various kinds of forces is shown in Fig. 11–a. The case in which the net-foot remains attached to the bottom is shown in Fig. 11–b.

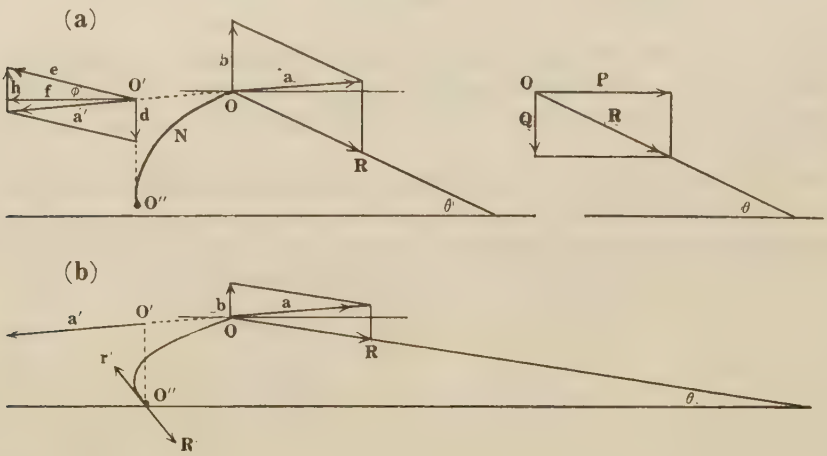


Fig. 11. Forces acting on the Net.

In Figures,

O ; floater,
R ; force to the sand-bag rope,
θ ; angle which the sand-bag rope makes with the water-bottom,
b ; buoyancy of the under-water floaters,
a ; resultant of *R* and *b*,
a′ ; force balancing to *a*,
d ; sum of the under-water weight of the sinkers and the under-water weight of the net,
e ; hydrodynamic force acting on the net and the sinkers,
f ; horizontal component of the hydrodynamic force,
h ; vertical component of the hydrodynamic force,
ϕ ; angle between *f* and *e*,
O′ ; point at which the action line of the sinker-and-net gravity intersects with *a′*,
O″; sinker,
R′ ; force acting on the sinker,
r′ ; force balancing to *R′*,
N, *OO″*; net.

Out of the experimental value shown in Table II and III,, the values of *b*, *d*, *h*, *a*, *e*, ϕ, *f* are computed and shown in the same table, line 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19 respectively. According to the table, in the case when the net-foot detatches itself completely from the water-bottom the following may be described as to the hydrodynamic force:

a) *i*) When the current velocity increases, the magnitude of the hydrodynamic force *e* increases also, and its direction ϕ gradually approaches to the horizontal line. This phenomenon is observed in both flat-net and square-net.

ii) The horizontal component *f* of the hydrodynamic force is, of course, equal to the horizontal component of the force acting on the sand-bag rope. Therefore, the

coefficient of horizontal resistance C_P is equal to the coefficient of horizontal component of the hydrodynamic force.

iii) The vertical component h of the hydrodynamic force, may be considered as the lift of the hydrodynamic force. This magnitude decreases when the current velocity increases. By the way, as C_Q is counted, basing on the vertical force acting on the sand-bag rope, so, it is not the so called the coefficient of the lift. But in the fixed-net the horizontal resistance is dominant, so, there may be not so much difference between C_Q and C_h, as shown in the 22nd line, Table III.

b) On B^*/W and the length of the sand-bag rope

Whether the net-foot detatches itself completely from the water-bottom or not is generally determined by whether $(Q-B)=h$ is positive or negative. In the net where the ratio between floating power B^* and sinking power W, viz, B^*/W is equal to 2, h is positive. This may be described in anothor expression, namely the result of x^2-test on the flat-net C (Table III) is highly significant, and that of x^2-test on the square-net C is significant. When, h of the net, where the value of B^*/W is equal to 1 or 0.5, is negative, the net-foot remains attached to the water-bottom.

In short, from the above experimental results, the following may be described. When B^*/W is large, the net-foot detatches itself from the water-bottom easily. When B^*/W becomes small, the net-foot does not easily detatch itself from the bottom, and the smaller becomes B^*/W the harder becomes the net-foot-detachment from the water-bottom.

Besides the value of B^*/W, the fact whether the net-foot detatches itself from the water-bottom or not has relationship with the length of the sand-bag rope, viz, the longer is the sand-bag rope the easier becomes the net-foot detatchment from the water-bottom, as shown Fig. 4 and 5. In this experiment, when $B^*/W=1$, this is to be numerically observed as shown in the 13th line, Table III.

c) As shown in Table IV, while all the sinkers of the net-foot remain attatched to the water-bottom, as to the resistance, in addition to the force to the sand-bag rope, there is a force to the net-foot, and so, the occasion when the net-foot remains attatched to the water-bottom is now considered. In Fig. 11–b, the force R' to the sinkers, increases as the current velocity increases. (See Table IV). And the sum of the horizontal component of a' and that of r' is the horizontal component of the force acting on the net. When the net-foot remains attatched to the water-bottom, the sinker is pressed downward. Then, it may be easily assumed that the vertical component of the resistance to the net-foot does not work to blow up the net-foot. And moreover, as stated above, whether the net-foot detatches itself from the water bottom or not has a relationship with the value of B^*/W. But in this experiment it is difficult to measure the angle which the net-foot makes with the horizontal line when the net-foot remains attatched to the bottom in the running water. This difficulty may be due to the fact that the used tension pickup is larger than the sinker.

Then, in order to make any further research on the floating and sinking phenomenon of the net-foot, it seems to be necessary to make the experiment with the tension pickup reduced into minor type, and under the conditions in which the value of B^*/W is let to change variously.

Acknowledgement

Hearty thanks should be paid to Dr. Takeo Fujiwara, Professor of Faculty of Science, Hiroshima University for his kind guidance and revision of this thesis. The same should be offered to Dr. Tikao Huzita, Professor of Faculty of Fisheries,

Kagoshima University for his appropriate advice in the execution and the settlement of the results of experiment.

Personal word of thanks should also be offered to Dr. Morisaburo Tauchi, Chairman of the Japan Scientific Fisheries Society for his through and enduring guidance and protection bestowed on this study. The author must finally address a more personal thanks to Mr. Seinai Yamamoto, late Dean of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University who encouraged and led the author through his constant cares paid to promote this research, and through various facilities and instrument supplied to the author by his considerations, and to Mr. Sumio Enami, Assistant Professor of this Faculty, who helped the author to perform this research through his direct and lasting personal aids. Gratitude should also be paid to the members of the Department of Education, as this was done with the aid of Science-Research-Fund of that Department.

Literature

1. Terada, Sekine and Nozaki: Research on the Dragging Resistance of Plane Nets in Water (First Report), Journal of Imperial Fisheries Institute Vol. 10, No. 5. 1915, March.
2. Tauchi, Miura and Sugii: Dragging Resistance of Plane Net in Water, Ibid. Vol. 21, No. 2. 1925, Nov.
3. Miyake: Research on the Plane Nets; Dragging Resistance of Plane Net in Water (First Report), Ibid. Vol. 3, No. 2. 1927, August.
4. Fujita, Yokota: Research on the Dragging Resistance of Plane Nets in Water, Journal of Applied Physics, Japan. Vol. 20, No. 2. 1951.
5. Tauchi: A Relation between experiments on model and full scale fishing Nets, Bulletin of the Japan Scientific Fisheris Society. Vol. 3, No. 4. 1934.
6. Miyamoto: Study on the Set-Net. The Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 2. 1951. January.
7. Miyazaki: Study on the Samll Trawl Net, Memoirs of the Faculty of Fisheries University of Mie established by Prefecture Foundation, Vol. 2, No. 3. 1957.
8. Sato: On a Tank Experiment with Seine Nets, Journal of the Imperial Fisheries Experimental Station No. 3. 1933, March.
9. Sato: Model Experiment of Surface hauling-Net, Fishery Investigation (Supplementary Report) No. 9. 1943, March.
10. Miyamoto: Study on the Fixed-Net Fishery, 1931, April.
11. Schorygin, A.A: Versuche mit trawlmodellen, Trans. Oceanogr. Inst., 3 (2) 1933.
12. Kanamori: A Tentative Experiment of the Improvement of Yellow-tail Setting Net (Preliminary Report), Journal of the Kagoshima Fisheries College, Vol. 1, 1950, Dec.
13. Kanamori, Enami: Studies on the Improvement of Yellow-tail Setting Net (First Report), Memoirs of the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Vol. 2, No. 1. 1952, July.
14. ————: Ibid. (Second Report), Ibid. Vol. 4. 1955. Dec.
15. Kanamori: Ibid (Fourth Report), Ibid. Vol. 5. 1956. Dec.
16. ————: Ibid. (Fifth Report), Ibid.
17. ————: Ibid. (Sixth Report), Ibid, Vol 7. 1959. Feb.
18. Narasako, Kanamori: On the Kagoshima University Large-sized Experiment-tank consisted of Twin Symmetric Elliptical Circuits, Ibid. Vol. 5. 1956, Dec.
————: A Large-sized Experimental Tank of Twin Symmetric Elliptical Circuits, Modern Fishing Gear of The World, 1959, pp. 205–208, (published by Fishing News (Books) Ltd, London, England).
19. Kanamori: Studies on the Improvement of Yellow-tail Setting Net. (Seventh Report). Ibid. Vol. 7. 1959, Feb.

鹿児島大学水産学部放射能研究委員会報告 第XI報

1958年より1959年における西部北赤道海流域の海水，プランクトン及び魚類の放射能汚染に関する研究*

斎藤　要・鮫島宗雄・辺見富雄

XI Studies on the Radiological Contamination of Sea Water, Planktons and Fishes in the Western Region of the North Equatorial Current during the Period from 1958 to 1959

Kaname Saitō, Muneo Sameshima and Tomio Hemmi

Résumé

In this paper, we dealt with the inspection of radioactivity on the sea water, plankton and fishes, obtained from the North Equatorial Current and Kuroshio Current region (Fig. 1), during the period from July 1958 to August 1959. The results obtained were summarized as follows.

1) The radiological contamination of sea water and planktons, collected at the region from longtitudes 127°E to 142°E and from latitudes 6 N to 18 N, has been recognized from July to September 1958 (Table 1 and 3).

2) During the period from September 1958 to August 1959, most the inspected fish, caught at the southern sea region of Kagoshima Prefecture, were contaminated by radioactivity (Table 4 and 5).

3) The radioactivity in the kidney of *Istiophorus orientalis* was mainly attributable to the radioelements of Group II. Group II, separated directly from the raw ashes of the kidney, or from the radioactive fraction obtained by ion exchange resin, was fractionated further into each member (Table 6). Radioactive elements contained in Group II were proved to be mostly composed of Cd fraction. From the results of aluminium absorption curve and decay curve (Fig. 7 and 8), the nuclide in question was identified as ^{113m}Cd (^{115m}Cd). In the kidney, ^{59}Fe (^{55}Fe) and ^{65}Zn were comfirmed together with ^{113m}Cd (^{115m}Cd).

4) The quantity of radioactive nuclides in 100 g. of the kidney was calculated as follows; ^{113m}Cd (^{115m}Cd) 0.09 μc, ^{59}Fe (^{55}Fe) 0.09 μc and ^{65}Zn 0.006 μc.

緒　　言

著者等は1954年に米国がマーシャル近海で行つた核爆発実験の影響により生じた放射能汚染魚の放射能強度，各組織における放射能分布及び放射性元素の定性的性質等について検討した結果を第1報[1]として報告した．その後1958年10月31日に米英共同声明を

---

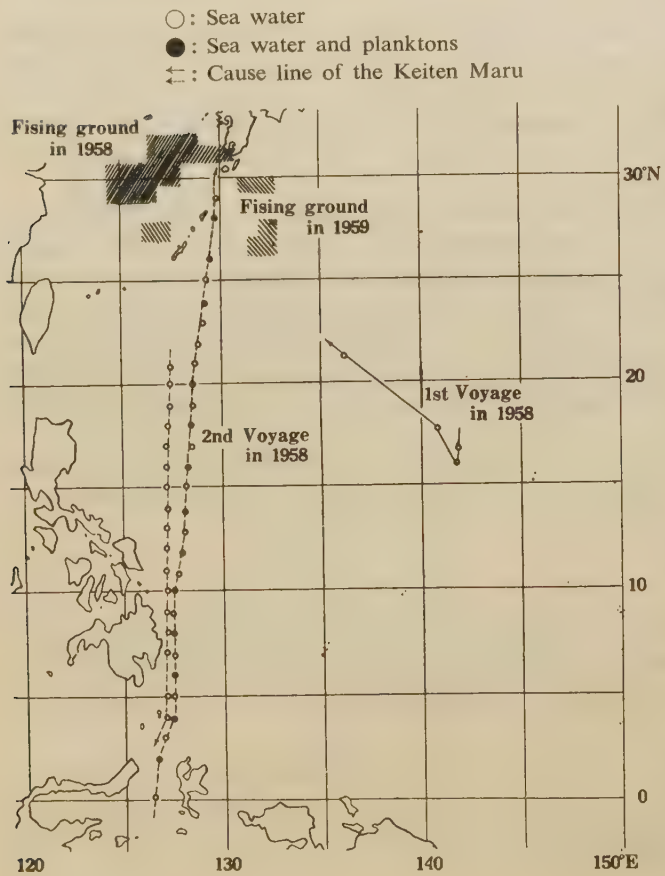
* 本報は日本水産学会の33年度九州支部大会（11月，鹿児島）と34年度秋期大会（10月，大阪）において発表した．

なお本誌第6巻の高田幸二，斎藤要，日高富男：魚肉に対する Cl^{36} の挙動及び斎藤要，鮫島宗雄，田中剛：S^{35} の海藻への転移に関する研究（I）を，それぞれ本委員会報告第IX報及び第X報とする．

よて核爆発実験を中止するに至るまで両国は各々エニウエトック環礁とクリスマス島において大小の実験を行つているが，その方法と汚染範囲に変化があつたためか，我国における放射能汚染に関する研究は主として大気汚染及び fall out についてなされ,[2] 直接海洋及び水産生物を対象とした研究は最近殆んど行われていないようである．しかし著者等は実験地に比較的近い北赤道海流域とそれより派生する黒潮の流域は我国の主要な南方漁場であることより両海域と，そこに棲息する水産生物の放射能汚染度の消長並びに同生物の体内に存在する放射性元素の核種と量について深い関心を持ち現在もなお調査と研究を続けている．

本報では 1958 年 7 月から 1959 年 8 月までに得た，前記海域の海水，プランクトン及び魚類（腎臓）の放射能による汚染状況を述べると共に汚染魚の腎臓を試料としイオン交換樹脂を用いるカラムクロマト法及び担体を用いる分属法を併用して放射性元素の核種の検索を行つたところ現在もなお多くの試料で人工放射能が明らかに検出されることと，その放射能の大部分は ^{113m}Cd (^{115m}Cd) の存在に基づくことを明らかにし得たので，これらの結果を従来の結果と比較検討して報告する．

Fig. 1. Collecting stations of sea water and planktons and fishing grounds.



実 験 の 部

実験材料

海水及びプランクトン：実験に供した試料は鹿児島大学練習船敬天丸（265.09 屯，500 馬力）が 1958 年 7 月（第一次航海）と 8 月から 9 月（第二次航海）の間に南太平洋において採集したものである．なおプランクトンの採集は航海中に larva net（口径 1.5m）を時速約 2 浬で 15 分間曳航して行つたが試料の採集位置と敬天丸の航跡を示すと Fig. 1 の如くである．

魚類（腎臓）：供試魚は 1958 年 9 月から 1959 年 8 月までの間に鹿児島県沿岸及び台湾と鹿児島の南端を結ぶ線を対角線とするほぼ四方形の海面内（Fig. 1 参照）で漁獲されたものである．この海域は 1954 年の

調査[1]によると最も多く放射能汚染魚の漁獲されたところである．供試した魚種はバショウカジキ *Istiophorus orientalis* (CUVIER & VALENCIENNES)，マカジキ *Makaira mitsukurii* (JORDAN & SNYDER)，クロカワカジキ *Makaira mazara* (JORDAN & SNYDER)，キワダマグロ *Neothunnus albacora* (LOWE)，クロマグロ *Thunnus thynnus* (LINNÉ) であるが本実験では腎臓について放射能測定及び分析を行つた．ここで腎臓を試料としたのは，これが汚染魚の組織中で汚染度の最も高い臓器で放射能が体表に検出されない個体でも腎臓には明確に検出される場合の多いことを確認しているからである．更にこれらの大型魚は通常鮮度保持の見地から漁獲後直ちに船上で内臓除去を行うが腎臓は脊椎骨に沿つて腹腔の奥深くに存在するため市場に水揚げされた魚体でもこれが残存することが多く，肝臓とか幽門垂等より採集の容易なことも試料とした理由の一つである．

実　験　方　法

試料の調製

海水：1*l* の海水より鉄明バン－塩化バリウム沈澱法によつて得た沈澱をステンレス製試料皿にとり乾燥後放射能を測定した.[3]

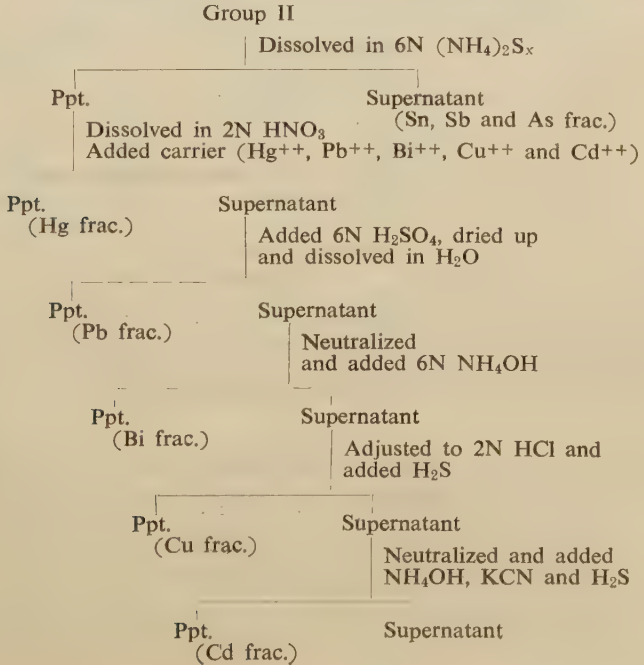
プランクトン：採集瓶中の試料を吸引濾過により濾紙上に集め，海水及び水道水で数回洗滌し赤外線ランプで乾燥後ルツボに入れ約 600°C の電気炉で灰化し，灰分 100 mg をステンレス製試料皿にとり放射能を測定した．

腎臓：乾燥後ルツボに入れ約 600°C の電気炉で灰化し，灰分 100 mg をステンレス製試料皿にとり測定に供した．

放射性元素の分属

腎臓の灰化試料について前報[1]と同様の担体を用いる分析法を行つたが，第II属元素に対しては Fig. 2 に示す方法により再区分した．

Fig. 2. Separation method of Group II.



放射性元素のイオン交換樹脂による分離

腎臓の灰化試料を 0.2N 塩酸溶液とし，予め HR 型とした陽イオン交換樹脂（Amberlite IR-120, 100～200 mesh）に塩酸溶液を吸着させた後木村氏等の方法[4] に従つて 0.2N 塩酸，0.5% シュウ酸，5% クエン酸アンモニウム（pH 3.0, 3.5, 4.1, 4.6, 5.1, 5.6, 6.4）の各種溶離液で順次溶離を行い，得られた溶出液を各々濃縮してステンレス製試料皿に移し乾燥後放射能を測定した．

以上の如くして分属又は分離した区分の放射分析として常法のアルミニウム吸収板による β 線エネルギーの決定及び減衰曲線よりの物理的半減期の算出を行つた．

放射能強度表示法及び測定装置

count は何れも net count で海水は cpm/*l*，プランクトン及び腎臓試料は cpm/100 mg 灰分で表示した．測定には科研製 Model 100型 counter（GM 管は科研 B 2 N型，マイカ窓の厚さ 1.4 mg/cm²）を使用した．なお測定距離 1.5 cm で計測したが β 線吸収曲線の作成に当つては 2.5 cm の距離とした．

実験結果及び考察

I. 1958 年，敬天丸第一次航海における試料

i 海水の汚染

国際地球観測年に当り，南太平洋観測のため南下中の敬天丸は当時実施されていた核爆発実験による放射能汚染の危険を避けるため 7 月 17 日（16°07′N, 141°58′E）の位置で南下を中止し，直ちに北上帰港のやむなきに至つたが，この航海[5] において採集した海水について放射能強度を測定した結果は Table 1 の如くである．

Table 1. Radioactivity of sea water collected by the Keiten Maru on the 1st voyage 1958 (Date of counting: July 30)

Date of collection	Collecting station Lat.	Long.	Radioactivity cpm/*l*.
July 17	16°47′N	142°035′E	22.8
17	16°07′N	141° 58′ E	27.0
18	17°48′N	141° 00′ E	17.6
20	21°11′N	136° 13′ E	trace

The cpm was estimated for precipitation, obtaind from 1*l*. of sea water.

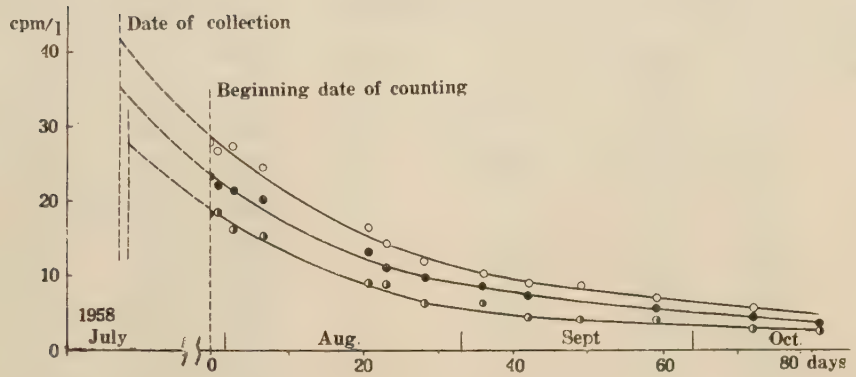
この結果は 7 月 30 日（採水後 10～13 日後）に実験室で測定したものであるが，折返点附近から採水した海水に放射能が検出された．最も強い放射能を検出した位置は航路の最南端に当る 16°07 N, 141°58′E で 27 cpm/*l* を示し，これより北上するに従い弱まる傾向が窺われた．

次に汚染海水について放射能の減衰曲線を求めた結果は Fig. 3 の如くで，試料の放射能は計測当初より 25 日前後を以て半減した．この事実より検出された放射能は明らかに人工放射能であつて試料中には半減期の短い放射性元素の混在することが諒解される．又この曲線より推測すれば折返点附近の海水は採水当時 25～50 cpm/*l* であつたと思われる．

ところで，同年国際地球観測を実施中の“さつま”及び“拓洋”の二船は 7 月 14 日，ビキニ西方約 1,300 km の位置（14°N, 153°E）で大気中に 19,000 cpm，船体に 23,000 cpm 海

Fig. 3. Decay curve of radioactive matterials in sea water

○: Collected at 16°07′N, 141°58′E
●: Collected at 16°47′N 142°03′E
◑: Collected at 17°48′N 141°00′E

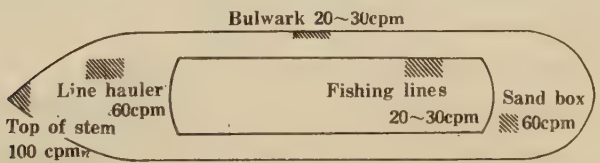


水に 150 cpm/*l* の放射能を検出しているが，この位置より更に西方約 1,200 km の海域においても前述の如く人工放射能が明らかに検出されたのである．この事実は 1958 年の核爆発実験により北赤道海流域が広範囲にわたり放射能汚染を受けたことを示している．

ii. 船体の汚染

敬天丸は 7 月 25 日 帰港後，鹿児島県衛生部により直ちに船体及び甲板上の器具の放射能強度が測定された．Fig. 4 はサーベイメーターにより距離 10 cm で計測された数値であ

Fig. 4. Radioactivity on deck of the Keiten Maru on July 25, 1958.
Radioactivity was detected by survey meter with a distance of 10 cm. from mica window of G–M tube.



るが，船首部よりの 100 cpm をはじめ数個所で 20～60 cpm を検出し，前述の“さつま”及び“拓洋”の場合と比較し軽度ではあるが本船も汚染を受けたことは確かである．しかし 5 日後の 7 月 30 日，著者等が再度行つた検査では充分洗滌されたためか放射能は殆んど検出されなかつた．

II. 1958 年，敬天丸第二次航海における試料

この航海は 8 月から 9 月にわたりインド洋での漁業実習を目的として行われた．その往路及び復路は 121°～129°E の北赤道海流及び黒潮流域に航路（Fig. 1 参照）をとり海水を緯度 10° 毎に，プランクトンを復路のみ 2° 毎に採集した．

i 海水の汚染

海水の放射能測定結果を示すと Table 2 の如くである．

Table 2. Radioactivity of sea water collected by the Keiten Maru on the 2nd voyage in 1958. (Date of counting: Sept. 30 to Oct. 2)

On the outward voyage

Date of collection	Collecting station Lat.	Long.	Radioactivity cpm/*l*.
Aug. 5	21°00′N	127°41′E	1.0 >
	20°00′N	127°37′E	0.5
6	19°00′N	127°31′E	1.0 >
	17°58′N	127°22′E	3.2
	17°00′N	127°21′E	1.0 >
	16°00′N	127°21′E	1.0 >
7	15°00′N	127°20′E	1.0 >
	14°00′N	127°17′E	2.0
	13°00′N	127°16′E	1.0 >
	12°00′N	127°18′E	1.0 >
8	11°00′N	127°19′E	1.0 >
	10°00′N	127°20′E	1.0 >
	9°03′N	127°20′E	1.0 >
9	8°00′N	127°23′E	1.0 >
	6°54′N	127°21′E	1.0 >
	5°00′N	127°19′E	1.0 >
10	3°55′N	127°13′E	1.0 >

On the homeward voyage

Date of collection	Collecting station Lat.	Long.	Radioactivity cpm/*l*.
Sept. 10	0°12′N	126°31′E	1.0 >
	2°00′N	126°45′E	1.0 >
	3°02′N	127°00′E	1.0 >
	4°00′N	127°26′E	1.0 >
	5°02′N	127°24′E	1.0 >
Sept. 11	6°00′N	127°31′E	3.0
12	7°02′N	127°38′E	1.0 >
	8°00′N	127°40′E	1.0 >
	9°00′N	127°43′E	1.0 >
13	10°02′N	127°47′E	4.0
	11°00′N	127°54′E	3.4
	12°00′N	128°03′E	1.0 >
14	13°04′N	128°10′E	1.0 >
	14°01′N	128°12′E	1.0 >
	15°00′N	128°19′E	1.0 >
15	16°00′N	128°22′E	1.0 >
	17°01′N	128°31′E	2.4
	18°00′N	128°35′E	1.0 >
	19°02′N	128°39′E	1.0 >
16	19°59′N	128°46′E	1.0 >
	21°00′N	128°53′E	1.0 >
	22°00′N	129°00′E	1.0 >
17	23°01′N	129°13′E	1.0 >
	24°00′N	129°17′E	1.0 >
	25°03′N	129°28′E	1.0 >
18	26°01′N	129°30′E	1.0 >
	28°00′N	129°40′E	1.0 >
19	29°00′N	129°57′E	1.0 >

この結果は 9 月 30 日より 10 月 2 日の間に実験室で測定したものであるが，試料の採水点が位置的に核爆発実験地よりかなり遠いためか北赤道海流域においても放射能は殆んど検出されなかつた．更にこの結果より，同海域における海水の汚染を論ずる場合は本試料の採水が核爆発時よりかなり日数を経てから行われたことと，第一次航海で採集した汚染海水では放射能半減期が極めて短かかつた事実とを考慮しなければならない．

ii プランクトンの汚染

プランクトンの放射能測定結果を示すと Table 3 の如くである．

Table 3. Radioactivity of planktons collected by the Keiten Maru on the 2nd voyage in 1958. (Date of counting: Sept. 29)

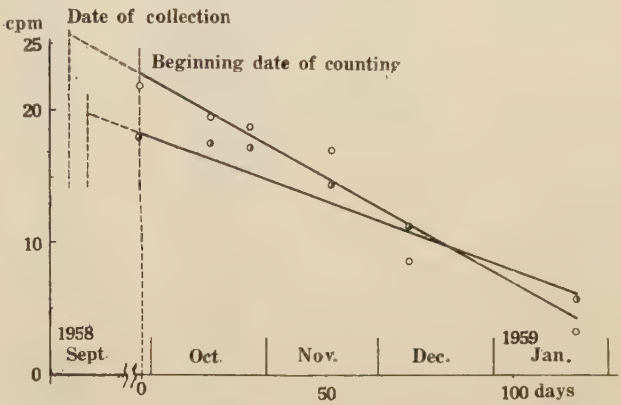
Date of collection	Collecting station Lat.	Long.	Radioactivity cpm
Sept. 10	1°57′N	126°47′E	1.0 >
	4°00′N	127°26′E	1.0 >
	6°00′N	127°31′E	21.6
12	8°00′N	127°38′E	16.2
13	10°02′N	127°47′E	13.0
	12°00′N	128°03′E	1.5
14	14°01′N	128°12′E	11.0
15	16°00′N	128°28′E	20.7
	18°00′N	128°36′E	18.0
16	19°59′N	128°45′E	1.0 >
17	24°00′N	129°17′E	5.6
18	26°00′N	129°30′E	1.0 >
	28°00′N	129°40′E	4.5

The cpm was estimated for 100 mg. of the ash with a distance of 1.5 cm. from mica window of G-M tube.

この結果によると 6°N から 8°N の北赤道海流域で採集したプランクトンに多く 10～20 cpm の放射能を検出したが，それ以外の各点で採集したものには殆んど放射能が認められなかつた．

次に汚染試料について放射能の減衰曲線を求めた結果は Fig. 5 の如くで，放射能は短期間に減衰する傾向が明らかに認められるから，この放射能の多くは植物性プランクトン中に多く含むと予測される天然性 ^{40}K（半減期 1.3×10^9 年）によるものではなく人工放射性元素の混在に起因することが諒解される．

Fig. 5. Decay curve of radioactive matterials in planktons.
○ : Collected at 6°00′N, 127°31′E
◑ : Collected at 18°00′N, 128°36′E



ところで，著者等は 1954年 11月に敬天丸が北赤道海流域（0°～8°N, 147°～152°E）で採集した海水，プランクトン及び漂流物についても放射能強度を測定した.[6] その結果によると海水には放射能が殆んど検出されないのに対しプランクトンと漂流物（椰子の実，軽石）には明らかに放射能汚染が認められた．即ち本実験の結果と同様，同海域で同時期に採集した場合でも海水とプランクトンとでは汚染の趣を異にしていたのであるが，この現象はプランクトンが放射性元素を吸収，蓄積し易い状態にあるためと解すべきであろうか，何れにしても核爆発実験後かなりの日数を経過した時期に，実験地より遠く離れた海域（ビキニ西方約 3,000km，クリスマス島西方約 9,300km）で採集したプランクトンに人工放射能が検出されたことは，これが魚類の重要な餌料となる点からも注目すべきことと思われる．

III. カジキ，マグロ類の腎臓汚染

i 1958年の試料

1954年には多数の魚が放射能汚染のため廃棄されたが，鹿児島県の場合はその大部分がバショウカジキであつた.[1] この結果を考慮し 1958年の 9 月から 12 月の間に鹿児島市中央市場に水揚げされたバショウカジキを中心に数種の魚類について腎臓の放射能強度を測定した．その結果は Table 4 の如くである．

即ち 11月 4 日に漁獲された一例が著しく汚染され約 1,300 cpm を示したが他は 10～30 cpm 程度で時期的変化も少ない結果となつている．なお，バショウカジキ以外にキワダマグロ，マカジキ及びクロカワカジキの腎臓についても放射能を測定したが，これらにも同程度の放射能が検出された．

ii 1959年の試料

本試料は同年 5 月下旬より 8 月下旬にいたる間に採集したものであるが，その測定結果は Table 5 の如くである．

Table 4. Radioactivity in kidney of fishes caught at the southern sea region of Kagoshima Prefecture in 1958.

Istiophorus orientalis

Date of landing	Date of counting	Radioactivity cpm
Sept. 18	Sept. 18	3.3
		12.2
30	30	9.4
		10.0
		15.0
		19.0
		16.3
Oct. 24	Oct. 25	16.0
		10.6
		36.0
		12.9
		12.0
		6.0
27	28	13.7
		18.7
		12.1
		25.0
		18.3
		18.1
Nov. 4	Nov. 4	19.3
	17	10.0
		1,301.8
		12.7
26	28	17.7
		22.5
		19.4
Dec. 3	Dec. 4	20.0
		9.4
		4.7
10	10	23.5
		14.3
		5.6

Neothunnus albacora

Date of landing	Date of counting	Radioactivity cpm
Nov. 4	Nov. 5	7.0
26	27	81.0
		12.9
		52.5
		30.0
Dec. 10	Dec. 10	33.0
		10.0
		14.7
		39.0
17	17	6.7
		16.3
		10.8
		7.8
		6.8
		8.0

Makaira mitsukurii

Date of landing	Date of counting	Radioactivity cpm
Nov. 4	Nov. 5	2.5
		11.9
Dec. 3	Dec. 4	6.8
		4.2
		2.7
		10.0

Makaira mazara

Date of landing	Date of counting	Radioactivity cpm
Dec. 10	Dec. 10	6.4
		12.6
		9.5
		20.4
17	18	1.0
		5.4
		5.0

Estimating condition of cpm was same in the case of planktons (Table 3).

即ち本年度の試料は 10～130cpm を示し，全体的にみて昨年より幾分汚染度の高いものが多いようである．昨年度調査した試料は鹿児島県沿岸で漁獲されたものが多いのに対し本年度のものはそれより南方の海域（Fig. 1 参照）で漁獲されたものが多かつた．なお，この結果より汚染はバショウカジキに限らず他の供試魚にも認められることが諒解される．ところで，前述の如く試料魚の漁獲された海域は 1954 年に汚染魚が最も多く水揚げされたところである．当時の結果と本実験の結果を比較すると最近の汚染度は確かに低くなつているが多くの試料に人工放射能が明らかに検出されることは注目に値する．

IV. 汚染腎臓の放射性物質

著者等は第 1 報において 1954 年に漁獲された汚染バショウカジキの腎臓を試料とし通常の無機分析法に準じて分属を行い，この腎臓中には第 III 属に属する放射性元素がかなり存在することを明らかにした．本報では最近漁獲された汚染魚中最も放射能強度の大きいバショウカジキ（1958 年 11 月 4 日水揚げ）の腎臓について放射性元素の核種の検索を行つた結果を述べる．

Table 5. Radioactivity in kidney of fishes caught at the southern sea region Kagoshima Prefecture in 1959.

Istiophorus orientalis

Date of landing	Date of counting	Radioactivity cpm
May 30	June 2	24.8
June 1		79.6
9	10	41.8
12	13	16.8
July 2	July 4	30.4
		27.6
4	5	19.6

Makaira maraza

June 4	June 4	3.5
24	25	7.0

Makaira mitsukurii

July 4	July 5	18.4
7	8	10.4
		10 0
14	14	43.2
23	24	14.8
27	29	16.3
		24.9
		1.5
		34.8
		13.6
		30.7
		9.5

Neothunnus albacora

Date of landing	Date of counting	Radioactivity cpm
May 30	June 2	135.6
June 1		21.7
9	10	31.1
23	25	82.0
July 2	July 5	18.0

Neothunnus albacora ····· young

July 4	July 5	34.6
14	14	7.2
23	24	16.6
		20.3
		68.8
		14.8
Aug. 27	Aug. 31	0.5
		20.3
		14.8

Thunnus thynnus

July 4	July 5	82.6
7	8	34.1
		24.0
Aug. 22	Aug. 25	32.0
		42.4
		24.5
		11.2
		33.2

Estimating condition of cpm was same in the case of planktons (Table 3).

1958年の前記腎臓（試料A）と1954年に採集したバショウカジキの腎臓（試料B）を乾物として現在まで保存していたものとについて担体を用いる分属法（Fig. 2参照）で分析した結果に試料Bの採集直後に行つた分析結果を併記して示すと Table 6 の如くである.

Table 6. Group separation of radioactive elements in kidney of *Istiophorus orientalis*

Date of landing	Original total cpm	Radioactivity of each Groups (cpm)											Date of analysis
		I	II						III		IV	V	
			Hg frac.	Pb frac.	Bi frac.	Cu frac.	Cd frac.	Sn frac.	Fe frac.	Zn frac.			
Sample A Nov. 1958	826.1	3.0	1.0	11.6	9.4	0.5	697.0	0.7	55.4	17.4	2.3	1.8	Feb. 1959
Sample B	576.3	4.8	1.9	6.2	5.1	1.2	441.0	1.5	2.3	2.7	1.9	0.5	
Oct. 1954	305.0	20.0	12.0						470.0		9.0	5.0	Nov. 1954

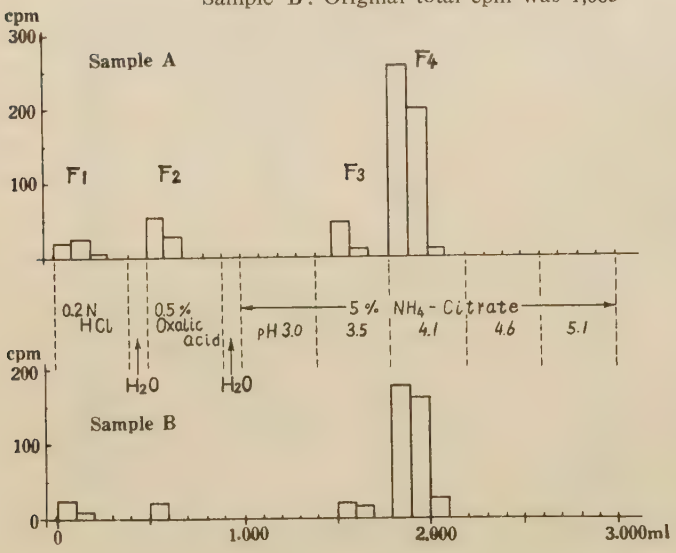
試料Bの1954年と1959年に行つた分属結果を比較すると採集当時，第III属に圧倒的に多く放射能が検出されたものが約5年後では第III属に殆んど検出されず第II属特に Cd

区分に強く認められる結果となつている．一方 1958 年に採集した試料Aでは放射能の大部分が第 II 属 Cd 区分に，その一部が第 III 属 Fe 区分に検出されている．

次に試料Aをイオン交換樹脂によつて分析した溶離曲線は Fig. 6-A の如くである．

Fig. 6. Fractionation of radioactive matterials in kidney of *Istiophorus orientalis* by column of an ion exchange.

Resin : Amberlite IR-120 (100～200 mesh)
Column : 10×200 mm.
Velocity : 0.5 ml./min.
Date of analysis : Aug. 1958
Sample A : Original total cpm was 1,380
Sample B : Original total cpm was 1,003



即ち本試料では F_1, F_2, F_3 及び F_4 の 4 個所にピークが認められるが放射能強度の最も大きな区分は F_4 (pH 4.1 クエン酸アンモニウム溶離部分) で pH 4.1 にピークが出ることは ^{115m}Cd 標準品を用いた場合の溶出位置と全く一致するから Fig. 6 の溶離曲線は Table 6 の分属結果の妥当なことを裏付けしている．又 F_4 区分の一部をとつて担体を用いる分属法によつて検討したところ放射能は殆んど第 2 属 Cd 区分に移ることも確めている．

次にこの区分のアルミニウム吸収曲線は Fig. 7 に示す如くで，これより算出した β 線のエネルギーは 0.6 Mev である (^{113m}Cd, β 線 : 0.57 Mev)．一方この区分の放射能減衰曲線は Fig. 8 に示す如くで半減期は ^{115m}Cd (半減期 43 日) よりかなり長く，^{113m}Cd (半減期 5.1 年) よりは短い結果となつているが 270 mg/cm^2 のアルミニウム吸収板を挿入し β 線の軟成分をさえぎつての測定では半減期は約 45 日であつた．

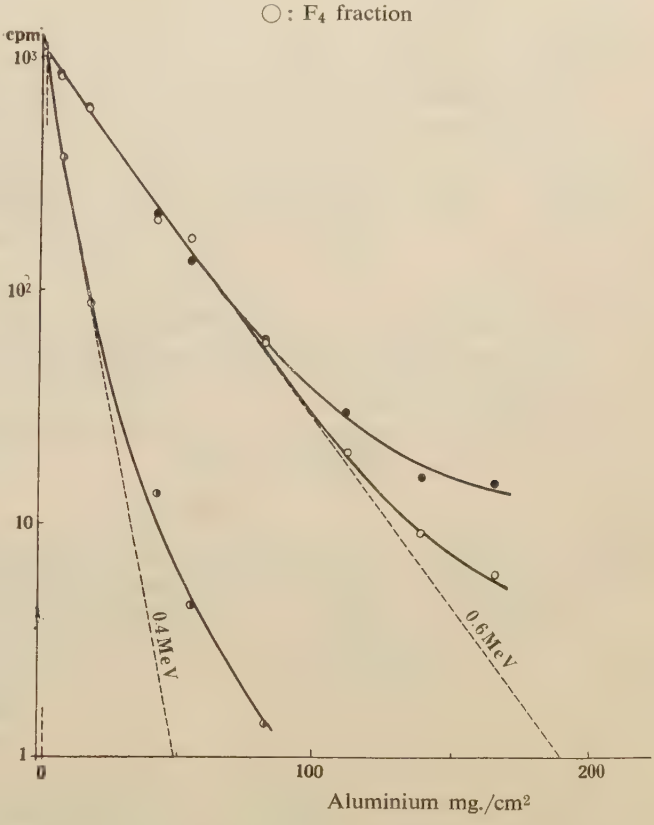
以上の如き化学的及び物理的性質よりみて F_4 区分には ^{113m}Cd と ^{115m}Cd との混在していることは明らかで，前者が主成分をなしていると推定される．

F_4 区分に次いで放射能強度の大きな区分は F_2 (0.5% シュウ酸溶離部分) で，これは放射性鉄の標準品を用いた場合の溶出位置と一致し，Table 6 の分属結果の妥当なことを裏付けしている．又この区分のアルミニウム吸収曲線は Fig. 7 に示した如く ^{55}Fe にほぼ一致しているが減衰曲線をみると減衰は ^{55}Fe (半減期 2.6 年) よりかなり急激 (半減期約 50 日) であるから ^{59}Fe (半減期 47 日) が主成分をなしていると考えられる (Fig. 8 参照)．次に F_3 区分 (pH 3.5 クエン酸アンモニウム溶離部分) は ^{65}Zn 標準品を用いた場合の溶出位置と一致し，Fig. 7 に示した如くアルミニウム吸収曲線及び放射能減衰曲線 (半減期約 250 日) は ^{65}Zn とほぼ一致するから同区分には ^{65}Zn の存在することは確かである．

F_1 区分 (0.2 N 塩酸溶離部分) については放射能強度が弱いため種々な測定を行うことが出来なかつた．

次に 1954 年に採集した試料Bを同時にイオン交換樹脂によつて分析した溶離曲線は Fig. 6-B の如くで，試料Aと同様に F_4 の Cd 区分に強い放射能が認められる．しかし同区分の減衰曲線（Fig. 8 参照）よりみてその放射能の殆んどが ^{113m}Cd の存在に起因することは明らかである．又本試料の Fe 及び Zn 両区分の Cd 区分に対する放射能比が試料Aの場合より小さい結果となつている．

Fig. 7. Aluminium absorption curve of each fractions in kidney of *Istiophorus orientalis* (Sample A)
Date of analysis : Feb. 1959
◑ : F_2 fraction
● : F_3 fraction
○ : F_4 fraction



ところで，試料Aと試料Bは漁獲年を異にするが共に同一海域で採集したバショウカジキの腎臓であつて，同時に行つた分析結果によると放射能の大部分が Cd 区分に検出される点は類似しているのに対し両者の減衰曲線に明らかな差が認められる．この事実より試料Aは比較的最近汚染を受けた可能性も一応考えられる．しかしこの考察に関しては試料Bが全く物理的減衰を経たものであるのに対し試料Aでは更に生物学的減衰を経ている点も考慮しなければならない．

各放射性元素の量：前記の如くして検出した核種の放射能を標準品と比較計測し，試料Aの生組織 100g 中に含有される量の概算を求めた結果は Table 7 の如くである．

前述の如く本試料の放射能は大部分放射性 Cd の存在に起因するが量的にみると同元素は放射性 Fe と同程度存在し，放射性 Zn は両者よりかなり少ない結果となつている．白井[7] 及び佐伯[8,9] 氏等は 1956 年に漁獲されたカツオ及びメバチの内臓から放射性 Cd を検出しているが，その分析値を本実験の結果と比較すると他の放射性元素に対する同元素の量的割合は後者の方がかなり多くなつている．最近採集した多くの試料でもこの傾向は明らかに認められた．

ところで，放射線防禦国際委員会勧告[10] によりアメリカ NBS の数値の 1/10 が我国でも人体に対する許容量とされているが，若し試料 A を毎日 200g 摂食すると仮定すれば許容量に対し放射性 Fe は 20%，他の元素は更に低い値となる．勿論腎臓は通常食用に供しな

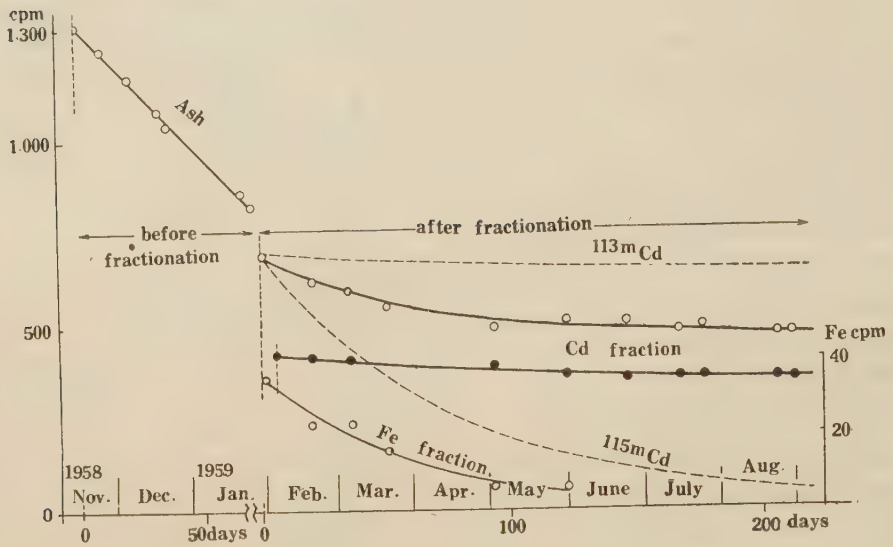


Fig. 8. Decay curve of radioactive fractions in kidney of *Istiophorus orientalis*

○: Sample A
●: Sample B

Table 7. Quantity of radioactive elements in 100g. of fresh kidney of *Istiophorus orientalis* (Sample A)

Nuclides	Radioactivity (Feb. 1959)
^{113m}Cd(^{115m}Cd)	0.094 μc
^{59}Fe (^{55}Fe)	0.090 μc
^{65}Zn	0.006 μc

い上に本試料は最近採集した試料中で最も汚染度の高い特例であるから，前記の許容量を信頼するとすれば検出された放射性元素に関する限り試料魚の汚染は問題にならないことになる．しかしこれらの放射性元素を体内に保持している魚類自体に対する影響については別に考慮すべき問題と思われる．

以上述べた如く最近の汚染試料では放射能の大部分が放射性 Cd の存在に起因するのであるが，Cd が生元素であることは未だ確認されておらず,[11] 又第 5 福竜丸の降灰からも検出されていない珍らしい元素である.[4] これが現在においてもなお汚染魚の体内に選択吸収又は蓄積されていることは極めて興味深い事実で，同元素の生体内における生理的機能の一端を示唆している現象とも考えられる．

要　　約

本報では 1958 年 7 月から 1959 年 8 月までの間に北赤道海流域及び黒潮流域（Fig. 1 参照）で採集した海水，プランクトン及び魚類（腎臓）の放射能による汚染状況と汚染腎臓に含まれる放射性元素の核種について検討した結果を述べたが，それを要約すれば次の如くである．

1) 1958年7月から9月までの間に北赤道海流域で採集した海水（採水点 16°～17°N, 141°～142°E）及びプランクトン（採集点 6°～18°N, 127°～128°E）には 10～30 cpm の人工放射能が検出され，これらの測定当時における放射能の減衰はかなり急激で，半減期は30～70日であつた．

2) 1958年9月から1959年8月までの間に鹿児島県沿岸及びその南方海域で漁獲されたバショウカジキ，クロカワカジキ及びクロマグロの腎臓からは10～1,300 cpm の人工放射能が検出され，これらの測定当時における放射能の半減期は100～150日であつた．

3) バショウカジキの汚染腎臓について担体を用いる分属法とイオン交換樹脂法を併用して分析した結果，第II属 Cd 区分に最も強い放射能が検出された．更に同区分の減衰曲線及びアルミニウム吸収曲線を求めて ^{113m}Cd（^{115m}Cd）の存在を確認し，他に本試料からは ^{59}Fe（^{55}Fe）及び ^{65}Zn も検出された．

4) 汚染度の最も高いバショウカジキの腎臓 100 g 中の各放射性元素の概算量は ^{113m}Cd（^{115m}Cd）0.09 μc, ^{59}Fe（^{55}Fe）0.09 μc., ^{65}Zn 0.006 μc で，最近の汚染試料では特に他の放射性元素に対する放射性 Cd の量的割合が多くなる傾向のあることを認めた．

以上述べた如く，核爆発実験の中止された今日でも多くの試料に人工放射能が明らかに検出されるのである．この事実は同実験による海洋及び水産生物の放射能汚染が予想以上に甚大であることを示している．

終りに本研究に対し御援助御指導を賜つた本学部高田幸二教授，三重県立大学水産学部岡田弥一郎教授，東京大学農学部檜山義夫教授，日本大学農獣医学部森高次郎教授及び白井和雄氏並びに実験に協力を賜つた本学練習船敬天丸の乗組員各位に謝意を表する．

尚本研究は文部省科学研究費（綜合）により行われた研究の一部である．

文　献

1) 斎藤　要・鮫島宗雄：鹿大水産学部紀要，**4**，124（1955）.
2) 山県登等：分析化学，**7**，433（1958）.
3) 三宅泰雄・杉本吉雄・亀田和久：科学，**24**，601（1954）.
4) 木村健二郎等：分析化学，**3**，335（1954）.
5) Chaen, M., T. Hemmi and T. Takahashi, 1960; Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ., Vol. **8**.
6) 盛田友弋・斎藤要・源河朝之：鹿大水産学部紀要，**4**，151（1955）.
7) 白井和雄：日水誌.，**23**，723，735（1958）.
8) 佐伯誠道：分析化学，**6**，444（1957）.
9) 同上：日水試.，**23**，729（1958）.
10) Recomendation of the International Comission on Radiological Protection, B. J. R. Suppl. No. 6. (1955).
11) 江上不二夫：“生化学講座” **2**，共立出版，（東京）.（1958），p. 2.

昭和35年2月17日 印 刷
昭和35年2月20日 発 行

編集兼
発行者 鹿児島大学水産学部
鹿児島市下荒田町 470

福岡市渡辺通り四丁目
印刷者 間 藤 次 郎

印刷所 秀巧社印刷株式会社

CONTENTS

1. Suggestions for Avoiding or Settling Conflicts among States Caused by Social, Economic and/or Technical Reasons with Respect to High Seas Fisheries ..... Seiji KONDA··· 1

2. Studies on the Life Histories of the Flying-Fishes found in the Adjacent Waters of Japan–II ..... Sadahiko IMAI··· 8

3. Carbonyl Compounds in Fish as Related to the Deterioration–III Factors Affecting the Formation of Volatile Carbonyl Compounds in Fish Flesh ..... Fuyuo OTA··· 47

4. On the Process of the Formation of Lower Carbonyl Compounds in the Enzymatic Oxidation of Linoleic Acid ..... Fuyuo OTA··· 52

5. Studies on "Katsuo-Shiokara" –II On the Changes of Nitrogenous Component and pH Values During the Ripening of Katsuo-Shiokara ..... Zentaro OOSHIRO and Noboru KOREEDA··· 56

6. On the Storage of Frozen Whole-round Skip-jack–I The Danaturation of Skip-jack Muscle Protein under the Freezing and Cold Storage ..... Jun-ichi NISHIMOTO and Kazuo TANAKA··· 61

7. On the Storage of Frozen Whole-round Skip-jack–II Histological Study of the Frozen Skip-jack Muscle Tissue ..... Jun-ichi NISHIMOTO and Kazuo TANAKA··· 70

8. Studies on the Biochemical Change in Fish Muscle–XI On the Enzymic Degradation of ATP by Unpurified Actomysin Fraction of Fish Muscle ..... Tomio HIDAKA and Kaname SAITO··· 75

9. Report of the Kagoshima-maru IGY Cruise, 1958 ..... Tadao TAKAHISHI, Masaaki CHAEN and Soichi UEDA··· 82

10. Report of the Keiten-maru IGY Cruise, 1958 ..... Masaaki CHAEN, Tomio HEMMI and Tadao TAKAHASHI··· 87

11. Biophysical Studies on the Auditory Characteristic of Fish–II Directional Audibilities in Various Types of Lateral Line ..... Toshiro KUROKI··· 89

12. Studies on the Water Bottle for Continuous Sampling and its Utility–I Theoretical Idea and Practical Points for Water Sampling ..... Toshiro KUROKI and Koji NOZAWA··· 101

13. Simplified Ultrasonic Shell-Plate-Flaw-Detector for Fishing Vessel With the Use of the Standing-wave Technique in the Thickness-measurement ..... Yoshikazu NARASAKO, Sukehiro ŌYA and Akira YAMABE··· 111

14. Studies on the Constitutional State of Skip-jack Fishing Ground over the Waters near the Tokara Rettō–I On the Relation between the Water Temperature and the Catching Condition in the Fishing Ground ..... Tomokazu MORITA··· 121

15. On the Small Sized Mackerels from the Waters of Nansei Syotō ..... Toyotaka TANOUE··· 130

16. A Consideration on the East China Sea Region Mackerel Fisheries ..... Sumio ENAMI··· 135

17. Studies on Bubble-Net–I Driving and Intercepting Effect on Some Fresh-water Fishes ..... Sumio ENAMI··· 140

18. On the Physical Analysis of the Fixed-fishing-net Resistance ..... Masaji KANAMORI··· 145

Report of Committee on the Radioactivity, Department of Fisheries, Kagoshima University

XI. Studies on the Radiological Contamination of Sea Water, Planktons and Fishes in the Western Region of the North Equatorial Current during the Period from 1958 to 1959 ..... Kaname SAITO, Muneo SAMESHIMA and Tomio HEMMI··· 181